

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Patent Application of:

Yutaka KAI

Application No.: NEW

Group Art Unit: Not Yet Assigned

Filed: February 25, 2004

Examiner: Not Yet Assigned

For: OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM

**SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIOR FOREIGN  
APPLICATION IN ACCORDANCE  
WITH THE REQUIREMENTS OF 37 C.F.R. § 1.55**

Commissioner for Patents  
PO Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 37 C.F.R. § 1.55, the applicant(s) submit(s) herewith a certified copy of the following foreign application:

Japanese Patent Application No(s). 2003-51740

Filed: February 27, 2003

It is respectfully requested that the applicant(s) be given the benefit of the foreign filing date(s) as evidenced by the certified papers attached hereto, in accordance with the requirements of 35 U.S.C. § 119.

Respectfully submitted,

STAAS & HALSEY LLP

Date: 2/24/4

By: 

J. Randall Beckers  
Registration No. 30,358

1201 New York Ave, N.W., Suite 700  
Washington, D.C. 20005  
Telephone: (202) 434-1500  
Facsimile: (202) 434-1501

JAPAN PATENT OFFICE

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

Date of Application: February 27, 2003

Application Number: Patent Application  
No. 2003-051740  
[ST.10/C]: [JP2003-051740]

Applicant(s): FUJITSU LIMITED

December 22, 2003

Commissioner,  
Japan Patent Office      Yasuo IMAI

Certificate No. P2003-3106420

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年   2 月 2 7 日  
Date of Application:

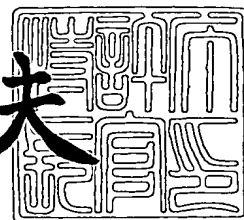
出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 0 5 1 7 4 0  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 3 - 0 5 1 7 4 0 ]

出      願      人            富 士 通 株 式 会 社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 2 月 2 2 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 1 0 6 4 2 0

【書類名】 特許願

【整理番号】 0251937

【提出日】 平成15年 2月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04J 14/02

【発明の名称】 光通信システム

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

【氏名】 甲斐 雄高

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号 富士通株式会社内

【氏名】 宮田 英之

【特許出願人】

【識別番号】 000005223

【氏名又は名称】 富士通株式会社

【代理人】

【識別番号】 100074099

【住所又は居所】 東京都千代田区二番町 8 番地 2 0 二番町ビル 3 F

【弁理士】

【氏名又は名称】 大菅 義之

【電話番号】 03-3238-0031

**【選任した代理人】****【識別番号】** 100067987**【住所又は居所】** 神奈川県横浜市鶴見区北寺尾 7 - 2 5 - 2 8 - 5 0 3**【弁理士】****【氏名又は名称】** 久木元 彰**【電話番号】** 045-573-3683**【手数料の表示】****【予納台帳番号】** 012542**【納付金額】** 21,000円

**【その他】** 国等の委託研究の成果に係る特許出願（平成 1 4 年度通信・放送機構「フォトニックネットワークに関する光アクセス網高速広帯域通信技術の研究開発」委託研究、産業活力再生特別措置法第 3 0 条の適用を受けるもの）

**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【包括委任状番号】** 9705047**【プルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光通信システム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 波長分割多重（WDM）方式で多重化されている信号光から特定の波長の信号光を透過して抽出し、制御信号に応じて透過波長特性が変化する光チューナブルフィルタと、

前記光チューナブルフィルタによって抽出された信号光の検出を行う検出手段と、

前記多重化された信号光の全てが含まれる波長帯域の範囲で前記光チューナブルフィルタの透過波長特性を走査させたときに前記検出手段によって該走査に応じて得られる検出の結果に基づいて、所定の波長の信号光を該光チューナブルフィルタに抽出させるための前記制御信号を生成する制御信号生成手段と、を有することを特徴とする光通信システム。

【請求項 2】 波長分割多重（WDM）方式で多重化されている信号光から特定の波長の信号光を透過して抽出し、制御信号に応じて透過波長特性が変化する光チューナブルフィルタと、

前記光チューナブルフィルタによって抽出された信号光の検出を行う検出手段と、

前記多重化された信号光の全てが含まれる波長帯域の範囲の外側から前記光チューナブルフィルタの透過波長特性を走査させたときに前記検出手段によって該走査に応じて得られる該波長帯域の両端の信号光についての検出の結果に基づいて、指示された波長の信号光を該光チューナブルフィルタに抽出させるための前記制御信号を指定する指定情報を生成する演算を行う演算手段と、

前記指定情報に応じた前記制御信号を生成する制御信号生成手段と、を有することを特徴とする光通信システム。

【請求項 3】 波長分割多重（WDM）方式で多重化されている信号光から特定の波長の信号光を透過して抽出し、制御信号に応じて透過波長特性が変化する光チューナブルフィルタと、

前記光チューナブルフィルタによって抽出された信号光の検出を行う検出手段

と、

前記光チューナブルフィルタによって抽出された信号光のうちの特定の波長の信号光の検出を行う光波長検出手段と、

前記検出手段による検出の結果及び前記光波長検出手段による検出の結果と前記多重化された信号光についての現在の運用状況を示している情報とに基づいて、指示された波長の信号光を該光チューナブルフィルタに抽出させるための前記制御信号を指定する指定情報を生成する演算を行う演算手段と、

前記指定情報に応じた前記制御信号を生成する制御信号生成手段と、  
を有することを特徴とする光通信システム。

【請求項 4】 前記光波長検出手段は、フリー・スペクトラム・レンジ（F S R）が前記多重化された信号光における隣接信号光間の波長間隔と同一であり、且つ透過波長特性のピークが該信号光の波長と一致するように構成されている周期フィルタを有することを特徴とする請求項 3 に記載の光通信システム。

【請求項 5】 前記周期フィルタは、半値全幅（FWHM）が 0.1 nm 以上 0.3 nm 以下であって、且つフィネスが 3 以上 8 以下である特性を有していることを特徴とする請求項 4 に記載の光通信システム。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、波長分割多重（WDM：Wavelength Division Multiplexing）方式による光通信技術に関し、特に、WDM方式により多重化された複数の波長の信号光から所望の波長の信号光を抽出するために使用される光チューナブルフィルタを制御する技術に関する。

##### 【0002】

#### 【従来の技術】

インターネットトラフィックを中心とするデータ通信需要の爆発的な増大に伴い、バックボーンネットワークの大容量化、超長距離化が求められている。また、ユーザの利用するサービスも多種多様となることから高信頼で柔軟性に富み、経済的なネットワークも同時に実現することが求められている。

**【0003】**

波長分割多重（WDM）伝送技術と光増幅技術の進歩により、伝送容量の大容量化や伝送距離の超長距離化が近年飛躍的に進み、伝送路コストの低減をもたらしている。しかし、信号の高速化・大容量化に追従させてネットワークノードの情報処理能力を増大させるために、従来の光電気変換や電気スイッチ方式を採用していたのでは、ノードコストやノード装置規模の増大をもたらしてしまう。このような背景から、光通信システムにおけるノードの低コスト化や小型化のため、大規模な電子回路を光部品に置き換えて光波長領域の光パスの単位で様々な処理を行う装置である、光分岐挿入装置（OADM：Optical Add Drop Multiplexer）や光クロスコネクタ（OXC：Optical cross Connect）装置の開発が期待されている。

**【0004】**

これらの装置の中では、信号光をオン／オフする、信号光を減衰させる、信号光の  $1 \times n$  の切り換えを行う等の機能を持つ光スイッチや、波長毎に信号光を振り分ける波長フィルタ等の多くの光機能デバイスが用いられる。

**【0005】**

これらの光機能デバイスの中で、WDM信号の中から所望の波長の信号光を選択処理できる光波長選択デバイス（本明細書においては、この光波長選択デバイスを光チューナブルフィルタと称することとする）は、OADMを実現する上で重要なキーデバイスである。このような光チューナブルフィルタのひとつとして、音響光学素子（AOTF：Acousto-Optic Tunable Filter）というデバイスがある。

**【0006】**

OADMノードのネットワーク構成例を図16に示し、AOTFを用いたOADMの構成例を図17に示す。

図16の例ではAネットワーク1001とBネットワーク1002とがNode 1において重なりあっており、Aネットワーク1001のNode nから送られてくる、 $\lambda_1$  から  $\lambda_6$  までの6種類の波長からなるWDM信号光のうち、 $\lambda_1$ 、 $\lambda_4$ 、及び  $\lambda_6$  の3種類の信号光をAネットワーク1001からドロップ



させてBネットワーク1002のNode 2へ送出し、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、及び $\lambda_5$ の3種類の信号光を透過させてAネットワーク1001のNode 2へ送出する機能をNode 1のOADMに行わせていることを図16は表している。

#### 【0007】

図17に示したネットワークはリング構成のネットワークであり、実際に運用されている系（work系：W系と表示）とW系の障害発生時に運用される予備系（Protection系：P系と表示）とが設けられている。このW系とP系との構成は同一であるので、ここではW系についてのみ説明する。また、図17のW系には、OADM1（W）、OADM2（W）、及びOADM3（W）の3つのOADMが設けられているが、これらはいずれも同一の構成を有しているので、ここではOADM1（W）のみについて説明する。なお、このW系及びP系のリングの途中に挿入されているASEサプレッションフィルタ2000は、リング構成のネットワークに存在する各増幅器が発生させて累積されてしまう自然光雑音（白色雑音）を除去するためのフィルタである。

#### 【0008】

OADM3（W）からOADM1（W）へ送られてきたWDMの信号光は増幅器2001によって所定の大きさにまで増幅された後に光カプラ（CPL）2002に入力される。CPL2002を通過した信号光はリジェクション型AOTF2003に入力されるが、CPL2002によって分岐された一部の信号光は増幅器2004に入力される。増幅器2004によって増幅された信号光はCPL2005によって複数の信号光に分配され、ドロップ型AOTF2006に各々入力される。ドロップ型AOTF2006はWDM信号光から所望の波長の信号光を選択して抽出する。抽出された信号光はOADM1（W）のドロップ出力とされる。

#### 【0009】

その後このOADM1（W）からの信号光はW系とP系との切り替え用の光スイッチ（OSW）2100を通過し、トランスポンダ2200へ入力されて光信号の復調が行われる。

#### 【0010】

一方、このノードよりネットワークに送り込む信号（ADD入力信号）は、まずチューナブルトランスポンダ2300によって光変調されて所定の波長の信号光とされた後、OSW2400を経てOADM1（W）に入力される。この信号光は、ノードから送信する波長の異なる他の信号光とCPL2007によって多重化される。CPL2007によって多重化された信号光は増幅器2008によって所定の大きさに増幅された後にCPL2009に入力され、OADM3（W）からの信号光のうちリジェクション型AOTF2003によってブロッキング（抑圧）されずに通過したものに挿入されて多重化される。CPL2009によって多重化された信号光は増幅器2010によって所定の大きさに増幅された後にOADM2（W）へ向けて送出される。

#### 【0011】

なお、リジェクション型AOTF2003及びドロップ型AOTF2006による信号光の波長選択特性は、図17のネットワーク全体の運用状況の監視を行っている監視制御系3000から与えられる情報に基づいて制御部（MC）2011によって制御される。

#### 【0012】

このように、OADMノードには、所望の波長の信号光をノードの通過光にADD（挿入）する機能、所望の波長の信号光をノードの通過光からドロップ（抽出）する機能、そしてノードへ送られてきた信号光をブロッキング（抑制）する機能が必要になる。また、信号光を一括ドロップする機能が必要となる場合があるが、これは2つ以上のリング網あるいはネットワークが重なりあった部分のノードにおいて要求される機能で、一方のネットワークから他方のネットワークに複数波長の信号光を送り込むために用いられる機能である。また、一括ブロッキングの機能が必要となる場合があるが、これは、ノード内の通過光の中で終端させる必要がある波長の信号光や挿入される波長と衝突する複数の波長の信号光に対して必要となる機能である。

#### 【0013】

OADMノードでは、任意の波長の信号光に対して分岐や挿入が可能であることがネットワークの柔軟な運営の為に重要である。この場合、前述した一括処理

も任意の波長の信号光に対して行う必要があり、この点において選択波長の可変機能があるAOTFのようなデバイスは有用である。選択波長の可変機能を用いて所望の波長の信号光を選択分離する場合、デバイスのフィルタリング特性の透過中心を所望の信号光の波長に完全に一致させる必要がある。この透過中心波長が信号光波長に一致しない場合には、例えばドロップ（抽出）処理では挿入損失の増大や他の波長の信号光を誤ってドロップしまう等の問題が生じてしまい、OADM装置としては致命的となる。

#### 【0014】

一般的に、送信光源であるレーザダイオード（LD）によって発光させる光の波長は揺らぎを持っており、また、フィルタ特性を提供するデバイス自身にも経時変化、環境変化、制御誤差等で透過中心波長に揺らぎが生じる。従って、OADM装置を安定動作させるためには波長ズレ誤差を検出してフィードバック制御を行うトラッキングが必須となる。このトラッキングは、ドロップ処理の場合においては、ドロップさせた信号光を分岐させてモニタ光とし、このモニタ光を検出してそのパワー値が最大になるように制御するというものであるが、通常は、モニタ光の受光パワーの大きさのみを比較しながら制御するという手法が最も経済的かつ効率的である（例えば、特許文献1参照）。

#### 【0015】

しかし、AOTFは、わずか1℃の温度変化で選択波長が100GHzもずれてしまうというような、周囲温度に対して敏感な選択波長の変動特性を有しているため、選択波長の設定のためにAOTFに印加すべきRF（高周波）信号の最適周波数と選択波長との関係が1対1に対応せずに周囲温度の変動によって大きく変化してしまう。一例を挙げると、25℃の周囲温度のときに170MHzのRF信号を印加した場合の選択波長が1550nmであったAOTFが、周囲温度が35℃のときには、同じ170MHzで1558nmを選択するようなことがある。このように、温度によってAOTFに印加すべきRF信号の最適周波数が異なるため、AOTFでWDM信号から任意の1波を選択するときに誤って別の信号を選択してしまうことがある。

#### 【0016】

また、モニタ光の検出を行う光検出部への光パワー値が少ない場合には、トラッキング制御のために検出される信号の変動量も小さくなってしまうため、制御が困難となる。更に、受光器や増幅器の飽和状態を避けるために予めダイナミックレンジを大きくしておくことによって検出信号の振幅が相対的に小さくなる結果  $S/N$  (信号対雑音比) が劣化してしまうことや、ディザリング周波数に近い他の波長の揺らぎによる検出精度の劣化等もトラッキング制御を困難とする要因となる。

#### 【0017】

上記の問題に関し、本件出願人は、図18に示すように、光検出部にログアンプ(対数増幅器)を使用する手法を本件に先行して出願している(特願2002-149555号)。以下、この手法について簡単に説明する。

#### 【0018】

図18において、(a)はログアンプを使用した光検出回路の構成を示している。

(a)において、モニタ光信号は光受光器(PD)4001によってその光パワー値に応じた大きさの電流値に変換される。この電流値は、図18の(b)に示すような入出力特性を有する電流電圧変換用のログアンプ4002に入力されて対数電圧値へと変換される。この電圧値はその後非反転増幅器4003によって増幅された後に低域通過フィルタ(LPF)4004を通過させて高域成分が除去されてA/D変換器4005に入力され、入力電圧値に応じたデジタル信号が出力される。このデジタル信号は、AOTFに印加するRF信号の最適周波数を決定するための情報としてこのRF信号を発生させる駆動回路に送られる。

#### 【0019】

トラッキング制御ではAOTFでの選択波長を微小に振ってその透過光パワーの変化を観察して制御を行うのであるが、ログアンプを使用した場合には、図18(b)に示すように、制御用信号の変化が入力パワーに対して対数スケールにおいて一定割合での変化として観測されるため、制御が容易に行えるようになる。

#### 【0020】

## 【特許文献1】

特開平8-288932号公報

## 【0021】

## 【発明が解決しようとする課題】

AOTFのトラッキング制御のためにモニタ光を検出する光検出部にログアンプを使用する前述した手法を採用すると、ログアンプは文字通り対数値で電圧を出力するため、大きな入力信号についての信号の変動は小さな変化として観測され、小さな入力信号についての信号の変動は大きな変化として観測される。従って今までは観測されなかったような微小な光パワーの領域での変動までもが観測されてしまう。より具体的には、例えば、信号光とは到底考えられないような $-40\text{ dBm}$ の入力パワーの領域において $10\text{ dB}$ のパワー変化があった場合、ログアンプを使用しない光検出部ではその出力値はほぼ0であってその値が微小にふらつく程度であったものが、ログアンプを使用した光検出部ではそのまま電圧の変化として観測されてしまうため、そのような微小な信号光を実際のWDM入力信号と誤認してしまう場合が発生し得る。

## 【0022】

実際に、WDMシステムでは光増幅器の増幅率の波長依存性によってゲインチルトが発生するため、送信側で送信パワーに光増幅器とは逆のチルトを予め与えてから送信するプリエンファシスという技術が使用されている。また、極めて高速且つ長距離の伝送を行うシステムではゲインチルト補償器が搭載されており、そのようなシステムでは波長対送信パワースペクトルの特性を自由に設定することができる。つまり、言い換えれば、WDM信号のパワースペクトルが均一ではなく波長によって異なるようなシステムが存在するため、例えば、WDM信号をAWG (Arrayed Waveguide Grating) やフィルタなどで切り取った残りの成分であるようなWDM信号の微小な変化と、チルトが与えられているWDM信号との違いを捉えることが難しくなり、WDM信号から任意の1波を選択するときに誤って別のチャネルの信号を選択してしまう場合がある。

## 【0023】

以上の問題を鑑み、本発明が解決しようとする課題は、光チューナブルフィル

タを使用して波長分割多重信号から所望の信号を抽出するときに、所望のものは異なる信号が誤抽出されないように光チューナブルフィルタを制御する手法を提供することである。

#### 【0024】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明の態様のひとつである光通信システムは、波長分割多重（WDM）方式で多重化されている信号光から特定の波長の信号光を透過して抽出し、制御信号に応じて透過波長特性が変化する光チューナブルフィルタと、前記光チューナブルフィルタによって抽出された信号光の検出を行う検出手段と、前記多重化された信号光の全てが含まれる波長帯域の範囲で前記光チューナブルフィルタの透過波長特性を走査させたときに前記検出手段によって該走査に応じて得られる検出の結果に基づいて、所定の波長の信号光を該光チューナブルフィルタに抽出させるための前記制御信号を生成する制御信号生成手段と、を有するように構成することによって前述した課題を解決する。

#### 【0025】

この構成によれば、多重化された信号光の各々を抽出させるために光チューナブルフィルタに印加すべき制御信号が信号光毎に判明するので、所望の信号を抽出するときに異なる信号を誤抽出してしまうことが防止される。

#### 【0026】

なお、上述した本発明に係る光通信システムにおいて、前記制御信号生成手段が、前記検出の結果と前記多重化された信号光についての現在の運用状況を示している情報とに基づいて、前記所定の波長の信号光を抽出させるための前記制御信号を生成するようにしてもよい。

#### 【0027】

こうすることにより、多重化された信号光における現在の運用状況が判明するので、多重化信号光の波長帯域において運用されていないがために欠落しているチャンネルが存在していても、多重化された信号光の各々を抽出させるために光チューナブルフィルタに印加すべき制御信号を信号光毎に得ることができる。

#### 【0028】

本発明の別の態様のひとつである光通信システムは、波長分割多重（WDM）方式で多重化されている信号光から特定の波長の信号光を透過して抽出し、制御信号に応じて透過波長特性が変化する光チューナブルフィルタと、前記光チューナブルフィルタによって抽出された信号光の検出を行う検出手段と、前記多重化された信号光の全てが含まれる波長帯域の範囲の外側から前記光チューナブルフィルタの透過波長特性を走査させたときに前記検出手段によって該走査に応じて得られる該波長帯域の両端の信号光についての検出の結果に基づいて、指示された波長の信号光を該光チューナブルフィルタに抽出させるための前記制御信号を指定する指定情報を生成する演算を行う演算手段と、前記指定情報に応じた前記制御信号を生成する制御信号生成手段と、を有するように構成することによって前述した課題を解決する。

#### 【0029】

WDM方式で多重化されている信号光において波長が隣接している信号光は一般的には一定の波長間隔で並んでいる。従って、上述した構成によれば、多重化された信号光の各々を抽出させるために光チューナブルフィルタに印加すべき制御信号を、多重化された信号光の全てが含まれる波長帯域の両端の信号光を各々抽出させるために光チューナブルフィルタに印加すべき制御信号に基づいた補間演算により求めることが可能であり、こうすることにより、所望の信号を抽出するときに異なる信号を誤抽出してしまうことが防止される。

#### 【0030】

なお、上述した本発明に係る光通信システムにおいて、前記演算手段が、前記検出の結果と前記多重化された信号光についての現在の運用状況を示している情報とに基づいて、前記演算を行うようにしてもよい。

#### 【0031】

こうすることにより、多重化された信号光における現在の運用状況が判明するので、多重化信号光の波長帯域の両端の信号光が運用されていないがために欠落しているチャンネルが存在していても、多重化された信号光の各々を抽出させるために光チューナブルフィルタに印加すべき制御信号を信号光毎に得ることができる。

## 【0032】

本発明の更なる別の態様のひとつである光通信システムは、波長分割多重（WDM）方式で多重化されている信号光から特定の波長の信号光を透過して抽出し、制御信号に応じて透過波長特性が変化する光チューナブルフィルタと、前記光チューナブルフィルタによって抽出された信号光の検出を行う検出手段と、前記光チューナブルフィルタによって抽出された信号光のうちの特定の波長の信号光の検出を行う光波長検出手段と、前記検出手段による検出の結果及び前記光波長検出手段による検出の結果と前記多重化された信号光についての現在の運用状況を示している情報とに基づいて、指示された波長の信号光を該光チューナブルフィルタに抽出させるための前記制御信号を指定する指定情報を生成する演算を行う演算手段と、前記指定情報に応じた前記制御信号を生成する制御信号生成手段と、を有するように構成することによって前述した課題を解決する。

## 【0033】

WDM方式で多重化されている信号光において波長が隣接している信号光は一般的には一定の波長間隔で並んでいる。従って、上述した構成によれば、多重化された信号光の各々を抽出させるために光チューナブルフィルタに印加すべき制御信号を、光波長検出手段によって検出された信号光を抽出させるために光チューナブルフィルタに印加すべき制御信号に基づいた補間演算により求めることが可能であり、こうすることにより、所望の信号を抽出するときに異なる信号を誤抽出してしまうことが防止される。

## 【0034】

本発明の更なる別の態様のひとつである光通信システムは、波長分割多重（WDM）方式で多重化されている信号光から特定の波長の信号光を透過して抽出し、制御信号に応じて透過波長特性が変化する光チューナブルフィルタと、前記光チューナブルフィルタによって抽出された信号光の検出を行う検出手段と、前記光チューナブルフィルタによって抽出された信号光のうち該光チューナブルフィルタに入力された信号光に常に含まれていることが判明している基準信号光の検出を行う基準信号光検出手段と、前記検出手段による検出の結果及び前記基準信号光検出手段による検出の結果に基づいて、所定の波長の信号光を該光チューナ



ブルフィルタに抽出させるための前記制御信号を指定する指定情報を生成する演算を行う演算手段と、前記指定情報に応じた前記制御信号を生成する制御信号生成手段と、を有するように構成することによって前述した課題を解決する。

#### 【0035】

WDM方式で多重化されている信号光において波長が隣接している信号光は一般的には一定の波長間隔で並んでいる。従って、上述した構成によれば、多重化された信号光の各々を抽出させるために光チューナブルフィルタに印加すべき制御信号を、基準信号光の波長を抽出させるために光チューナブルフィルタに印加すべき制御信号から補間演算により求めることが可能であり、こうすることにより、所望の信号を抽出するときに異なる信号を誤抽出してしまうことが防止される。

#### 【0036】

なお、前述した本発明に係る光通信システムにおいて、前記光波長検出手段が、前記多重化されている信号光のうちの特定の波長の信号光についての前記検出を行うものであってもよい。

#### 【0037】

この構成によれば、多重化されている信号光から抽出された運用中のチャネルの信号光を基準信号光として利用することにより、多重化された信号光の各々を抽出させるために光チューナブルフィルタに印加すべき制御信号をこの基準信号光の抽出のための制御信号から求めることができる。

#### 【0038】

また、前述した本発明に係る光通信システムにおいて、前記光波長検出手段が、フリー・スペクトラム・レンジ（FSR）が前記多重化された信号光における隣接信号光間の波長間隔と同一であり、且つ透過波長特性のピークが該信号光の波長と一致するように構成されている周期フィルタを有するように構成してもよい。

#### 【0039】

この構成によれば、多重化されている信号光における運用チャネルが頻繁に変更されるような運用形態であっても、光波長検出手段に対して特段の特性制御を

行わずにいずれかの運用チャネルの信号光の検出を光波長検出手段に行わせることができる。

#### 【0040】

なお、このとき、前記周期フィルタは、半値全幅（FWHM）が0.1nm以上0.3nm以下であって、且つフィネスが3以上8以下である特性を有しているようにしてもよい。

#### 【0041】

このような特性の周期フィルタを用いることにより、所定の許容範囲内で波長に揺らぎが生じている信号光を透過させることができるので、光波長検出手段に求められている機能を発揮させることができる。

#### 【0042】

また、前述した本発明に係る光通信システムにおいて、前記周期フィルタを透過する信号光の光量が大きくなるように前記光チューナブルフィルタの透過波長特性を変化させる制御を行う制御手段を更に有するように構成してもよい。

#### 【0043】

この構成によれば、光波長検出手段による検出の結果に基づいて光チューナブルフィルタがトラッキング制御されるので、安定した信号光の抽出を光チューナブルフィルタに行わせることができる。

#### 【0044】

本発明の更なる別の態様のひとつである光通信システムは、波長分割多重（WDM）方式で多重化されている信号光から特定の波長の信号光を透過して抽出し、制御信号に応じて透過波長特性が変化する光チューナブルフィルタと、前記光チューナブルフィルタによって抽出された信号光のうちの特定の波長の信号光の検出を行う光波長検出手段と、前記光波長検出手段による検出の結果と前記多重化された信号光についての現在の運用状況を示している情報とに基づいて、指示された波長の信号光を該光チューナブルフィルタに抽出させるための前記制御信号を指定する指定情報を生成する演算を行う演算手段と、前記指定情報に応じた前記制御信号を生成する制御信号生成手段と、を有するように構成することによって前述した課題を解決する。

## 【0045】

WDM方式で多重化されている信号光において波長が隣接している信号光は一般的には一定の波長間隔で並んでいる。従って、上述した構成によれば、多重化された信号光の各々を抽出させるために光チューナブルフィルタに印加すべき制御信号を、光波長検出手段によって検出された信号光を抽出させるために光チューナブルフィルタに印加すべき制御信号に基づいた補間演算により求めることが可能であり、こうすることにより、所望の信号を抽出するときに異なる信号を誤抽出してしまうことが防止される。また、光波長検出手段による検出の結果に基づいて光チューナブルフィルタをトラッキング制御することも可能である。

## 【0046】

また、前述した本発明に係る光通信システムにおいて、前記光波長検出手段は周期フィルタを有し、前記演算手段が、前記多重化された信号光の全てが含まれる波長帯域の範囲の外側から前記光チューナブルフィルタの透過波長特性を走査させたときに前記周期フィルタを透過した該走査に応じて得られる該波長帯域の両端の信号光についての検出の結果に基づいて、指示された波長の信号光を該光チューナブルフィルタに抽出させるための前記制御信号を指定する指定情報を生成する演算を行うようにしてもよい。

## 【0047】

光波長検出手段に使用する周期フィルタが前述したFSRが多重化された信号光における隣接信号光間の波長間隔と同一でないものであっても、多重化された信号光についての現在の運用状況を示している情報に基づくことにより光波長検出手段で検出された信号光が現在運用中のどのチャネルのものであるかが判明するので、多重化された信号光の各々を抽出させるために光チューナブルフィルタに印加すべき制御信号を、光波長検出手段によって検出された信号光を抽出させるために光チューナブルフィルタに印加すべき制御信号に基づいた補間演算により求めることができる。

## 【0048】

また、前述した本発明に係る光通信システムにおいて、前記演算手段は、信号光の抽出の指示を受けていないときには、前記多重化された信号光から一波を任

意に選択して該信号光を抽出させるための前記指定情報を生成する演算を行っておき、その後に信号光の抽出の指示を受けたときには、そのときまでに該演算手段が取得していた情報に基づいて該指示に係る信号光を抽出させるための指定情報を生成する演算を行うようにしてもよい。

#### 【0049】

こうすることにより、信号光の抽出の指示を受けてから該指示に係る信号光を抽出させるための前記指定情報を生成するまでのレスポンスが向上する。

また、前述した本発明に係る光通信システムにおいて、前記演算手段は、信号光の抽出の指示が変更されたときには、該変更の指示を受ける前までに該演算手段が取得していた情報に基づいて該変更後の指示に係る信号光を抽出させるための前記指定情報を生成する演算を行うようにしてもよい。

#### 【0050】

こうすることにより、抽出する信号光の変更の指示を受けてから該指示に係る変更後の信号光を抽出させるための指定情報を生成するまでのレスポンスが向上する。

#### 【0051】

また、前述した本発明に係る光通信システムにおいて、前記検出手段による検出の結果に基づいて信号光の有無の判定を行うときには、前記多重化された信号光の全てが含まれる波長帯域の範囲外の波長の信号光を透過させるように前記光チューナブルフィルタの波長透過特性が設定されているときに該検出手段で検出される信号レベルに基づいて該判定の基準を設定するようにしてもよい。

#### 【0052】

こうすることにより、光チューナブルフィルタへの入力信号光の波長スペクトルにおいて明らかに信号光とはいえない背景雑音レベルの信号を光チューナブルフィルタの波長透過特性に存在するサイドローブ（コブ）等の影響により信号光と誤判定することが防止される。

#### 【0053】

なお、このとき、前記演算手段は、前記検出手段による検出の結果に基づいて信号光の有無の判定を行うときに、前記信号レベルに対する判定対象の信号レベ

ルの大きさが所定値に満たないときには、該判定対象の信号は信号光ではないと判定するようにしてもよい。

#### 【0054】

こうすることにより、光チューナブルフィルタへの入力信号光の波長スペクトルにおいて所定の信号レベルに満たないノイズ等の信号が、光チューナブルフィルタの波長透過特性に存在するサイドローブ（コブ）等の影響により信号光と誤判定することが防止される。

#### 【0055】

また、このとき、前記演算手段は、前記信号レベルに対する判定対象の信号レベルの大きさが前記所定値以上である範囲で前記光チューナブルフィルタの透過波長特性を走査させたときに前記検出手段によって該走査に応じて検出される信号光の信号レベルの最大値を保持しておき、該最大値が検出されたときから所定の範囲内で該走査を継続させたときに該最大値から所定値以上の信号レベルの低下が前記検出手段によって検出されたならば、該最大値が検出されたときに前記制御信号生成手段に生成させていた前記制御信号を、該信号光の抽出のために光チューナブルフィルタへ与えるべき最適な制御信号であるとみなして前記演算を行なうようにしてもよい。

#### 【0056】

こうすることにより、光チューナブルフィルタの波長透過特性に存在するサイドローブ（コブ）等の影響を受けることなく最適な制御信号を生成することが可能となる。

#### 【0057】

なお、以上の本発明に係る光通信システムの各態様において行われている光チューナブルフィルタの制御方法も本発明に係るものであり、それぞれ光通信システムの各態様によって得られるものと同様の作用・効果を奏する結果、前述した課題が解決される。

#### 【0058】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

まず図1について説明する。同図は本発明を実施するAOTFを用いたOADMの構成を示しており、図17に示したOADMの構成を更に詳細に示したものである。

#### 【0059】

図1において、OADM100に入力されたWDM信号は増幅器11によって増幅されてからCPL12に入力される。CPL12を通過したWDM信号はブロッキング部30に入力されるが、CPL12によって分岐された一部の信号光は増幅器13によって増幅されてからドロップ部20に入力される。

#### 【0060】

ドロップ部20は、入力されたWDM信号から所望の波長の信号を一波ずつ抽出する機能を有している。

ドロップ部20に入力されたWDM信号はCPL21によって複数に分配されてドロップ型AOTF22に各々入力される。ドロップ型AOTF22はWDM信号から所望の波長の信号光を一波ずつ選択して抽出する。従って、ドロップさせたい信号光が複数ある場合にはその数だけドロップ型AOTF22を設けるようにし、またフォトダイオード23、制御部24、及びRF発振器25についてもその数だけ設けるようにする。抽出された信号光はOADM100のドロップ出力とされる。

#### 【0061】

また、ドロップ型AOTF22によって抽出された信号光は図1には図示されていないCPLによってその一部が分岐され、モニタ光として光検出器であるフォトダイオード23へと導かれる。フォトダイオード23はこのモニタ光を光電変換し、モニタ光の光パワー値に対応した信号が制御部24に入力される。

#### 【0062】

制御部24はドロップ型AOTF22の温度を一定に保つ制御を行うと共に、フォトダイオード23から得られた信号に基づいて、RF発振器25で生成されるRF信号の周波数の制御を行う。

#### 【0063】

RF発振器25は、制御部24からの情報に基づいた周波数のRF信号を発生

させてドロップ型 AOTF 22 に与え、その所望の信号光が良好に透過するようにドロップ型 AOTF 22 の透過特性を設定する。

#### 【0064】

一方、CPL 12 を通過した WDM 信号が入力されるブロッキング部 30 は、その WDM 信号から所望の波長の信号光、通常はドロップ部 20 によって抽出された信号光を抑圧して出力する機能を有している。

#### 【0065】

ブロッキング部 30 に入力された WDM 信号はリジェクション型 AOTF 31 に入力され、WDM 信号から所望の波長の信号光を抑圧して CPL 43 へ出力する。なお、このリジェクション型 AOTF 31 は、WDM 信号から異なる波長の複数の信号光を 1 台で抑圧できる機能を有しているものとする。

#### 【0066】

リジェクション型 AOTF 31 によって抑圧された信号光はモニタ光として光検出器であるフォトダイオード 32 へと導かれる。フォトダイオード 32 はこのモニタ光を光電変換し、モニタ光の光パワー値に対応した信号が制御部 33 に入力される。

#### 【0067】

制御部 33 はリジェクション型 AOTF 31 の温度を一定に保つ制御を行うと共に、フォトダイオード 32 から得られた信号に基づいて、RF 発振器 34 で生成される RF 信号の周波数の制御を行う。

#### 【0068】

RF 発振器 34 は、制御部 33 からの情報に基づいた周波数の RF 信号を発生させてリジェクション型 AOTF 31 に与え、その所望の信号光が良好に抑圧されるようにリジェクション型 AOTF 31 の抑圧特性を設定する。

#### 【0069】

ところで、ネットワークに送り込む信号 (ADD 信号) は、OADM 100 の波長可変 LD (レーザダイオード) 41 に入力されて所定の波長の信号光へ変換され、波長の異なる他の信号光と CPL 42 によって多重化される。CPL 42 によって多重化された信号光は CPL 43 に入力され、OADM 100 へ入力さ

れたWDM信号のうちブロッキング部30によって抑圧されずに通過したものと多重化される。CPL43によって多重化されたWDM信号は増幅器44によって所定の大きさに増幅された後にOADM100から送出される。

#### 【0070】

図1に示したOADM100は以上のように構成されている。

次に、本発明に係るチューナブルフィルタの制御の手法について説明する。なお、以下の説明では、図1に示したOADM100のドロップ部20に設けられている制御部24によって行われる、一波選択を行うドロップ型AOTF22の制御の手法について説明する。

#### 【0071】

まず図2について説明する。同図は、本発明を実施する光チューナブルフィルタ制御回路の構成の第一の例を示している。この光チューナブルフィルタ制御回路は図1に示したOADM100のドロップ部20にも設けられている。

#### 【0072】

図2において、光チューナブルフィルタ51は入力されたWDM信号から所望の波長の信号光を一波ずつ選択して抽出するフィルタであり、図1に示したOADM100においてはドロップ型AOTF22が相当する。

#### 【0073】

CPL52は光チューナブルフィルタ51によって抽出された信号光を分岐させてその信号光の一部をモニタ光として出力させる。

光検出器53はCPL52から出力されるモニタ光の光パワー値を検出し、光チューナブルフィルタ51によって抽出された信号光の大きさに対応した情報を出力するものであり、図1に示したOADM100においてはフォトダイオード23が相当する。

#### 【0074】

演算回路54は、CPU（中央処理装置）とそのCPUが各種の制御処理を行うために実行する制御プログラムが予め格納されているメモリとを有しており、光検出器53から得られる上述の情報と、この光チューナブルフィルタ制御回路を備えた光通信システムが設けられているネットワーク全体の運用状況を監視し



管理する不図示である監視制御系から得られる運用信号波長情報とに基づいて所定の演算を実行し、演算結果を駆動回路 55 へ出力するものである。なお、この運用信号波長情報は、入力信号に含まれ得る WDM 信号の各チャネルのうち実際に運用されている（実際にネットワーク上を伝送中である）チャネルを示す情報である。図 1 に示した OADM 100 においては制御部 24 がこの演算回路 54 に相当する。

#### 【0075】

駆動回路 55 は、演算回路 54 から得られる情報に基づいた制御信号を発生させて光チューナブルフィルタ 51 に与えることによって光チューナブルフィルタ 51 を駆動させる回路であり、図 1 に示した OADM 100 においては RF 発振器 25 が相当する。

#### 【0076】

次に、図 2 に示した光チューナブルフィルタ制御回路の演算回路 54 及び駆動回路 55 によって行われる光チューナブルフィルタ 51 の制御の手法を説明する。

#### 【0077】

まず、図 3 について説明する。同図は、演算回路 54 及び駆動回路 55 によって行われる、モニタ光の信号ピークを検出するための光チューナブルフィルタ 51 の制御の手順をフローチャートで示した図である。

#### 【0078】

図 3 に示されているフローチャートは、モニタ光の信号ピークを検出する指示の取得によって開始される。

まず、S101 において、光チューナブルフィルタ 51 に印加する RF 信号のパワー値を示す情報とその周波数を示す情報との初期値を駆動回路 55 へ通知する処理が演算回路 54 によって行われる。

#### 【0079】

S102 では、演算回路 54 から通知された情報に基づいたパワー値及び周波数の RF 信号の光チューナブルフィルタ 51 への印加が駆動回路 55 によって開始される。

## 【0080】

S103では、光検出部53によって検出された、モニタ光のパワー値を示している情報を取得する処理が演算回路54によって行われる。

S104では、信号ピーク検出処理が演算回路54によって行われる。この処理は、前ステップの処理によって取得された情報によって示されているモニタ光のパワー値が、それよりも以前に得られているモニタ光のパワー値の最大値よりも所定の閾値だけ下回ったか否かを判定し、下回ったと判定されたときには、そのときまでに得られていたモニタ光のパワー値の最大値を信号ピークとして検出するという処理である。

## 【0081】

S105では、前ステップの処理によって所望のチャネルの信号光の信号ピークが検出されたか否かが演算回路54によって判定され、この判定結果がYesならばこの光チューナブルフィルタ51の制御が終了する。一方、S105の判定結果がNoならば、S106において、光チューナブルフィルタ51の現在の波長透過特性を変化させるために印加すべきRF信号の周波数を算出してその算出結果を駆動回路55へ通知する処理が演算回路54によって行われる。その後には上述したS102以降の手順が繰り返され、モニタ光についての信号ピークが検出されれば図3に示した制御は終了する。

## 【0082】

以上がモニタ光の信号ピークを検出するための光チューナブルフィルタ51の制御である。

なお、以降の説明においては、特に示さない限り、光チューナブルフィルタ51に入力される信号は、図4の入力信号のスペクトル特性によって示されているように、最大でnチャネルの多重化が等間隔の波長間隔で可能なWDM信号であり、更にネットワーク監視用の基準信号光が重畳可能であるものとする。なお、この基準信号光の波長は、そのWDM信号として多重化し得る信号光のうち最短波長のものであるチャネル1よりも十分に短い波長、又は、そのWDM信号として多重し得る信号光のうち最長波長のものであるチャネルnよりも十分に長い波長のどちらかであるとする。

**【0083】**

次に、図3の制御を利用することによって、前述した運用信号波長情報と光検出器53によって検出されるモニタ光の光パワー値とに基づいて、WDM信号から所望の波長の信号光が適切に抽出されるように光チューナブルフィルタ51を制御する手法を説明する。

**【0084】**

まず、WDM信号から所望の信号光を抽出するための制御の第一の手法を説明する。なお、この手法は、入力信号には前述した基準信号光は不要である。

この手法は図3に示したモニタ光の信号ピークを検出するための光チューナブルフィルタ51の制御を若干変更して行う。

**【0085】**

まず、図3のS101では、光チューナブルフィルタ51に印加するRF信号の周波数を示す情報の初期値をWDM信号として多重化し得る信号光のうち最短波長のものであるチャンネル1よりも十分に短い波長の信号光が透過する透過特性となるように設定しておく。なお、光チューナブルフィルタ51の温度変化を考慮し、この初期値は、想定される温度変化によってもチャンネル1の信号光が光チューナブルフィルタ51を透過しないような周波数としておく。

**【0086】**

その後、S102でRF信号の光チューナブルフィルタ51への印加が開始され、続くS103でモニタ光のパワー値が演算回路54によって取得される。

次のS104及びS105の処理によって入力信号に含まれる信号光の信号ピークの検出が演算回路54によって行われるが、ここでは入力信号に含まれる全てのチャンネルについての信号ピークの検出を行うようにする。そのために、S106の処理では、光チューナブルフィルタ51の現在の波長透過特性を長波長方向に移動させるために印加すべきRF信号の周波数を演算回路54に算出させる。これにより、信号ピークが波長の短い順に検出される。

**【0087】**

以上の処理によって入力信号に含まれている全てのチャンネルについての信号ピークの検出がなされたので、この検出結果と運用信号波長情報とを波長の短い順

に1対1に対応付けることにより、ネットワーク上で運用中の信号光を透過させるために光チューナブルフィルタ51に印加すべきRF信号の最適周波数がチャンネル毎に判明する。これにより、演算回路54が駆動回路55に所定の情報を通知して所望のチャンネルの信号光を透過させるための最適周波数のRF信号を光チューナブルフィルタ51に印加させれば、入力信号から所望のチャンネルの信号光が抽出される。この後は既知のトラッキング制御を開始すればよい。

#### 【0088】

なお、上述した制御の手法においては、図4の(A)の矢印のように、光チューナブルフィルタ51の波長透過特性を波長の短い方から長い方へと変化させて信号ピークの検出を行うようにしていたが、図4の(B)の矢印のように、その波長透過特性を波長の長い方から短い方へと変化させて信号ピークの検出を行うようにしてもよい。

#### 【0089】

また、前述した制御の手法においては、この検出結果と運用信号波長情報との対応付けを行っていたが、入力信号であるWDM信号について、多重可能なnチャンネルの全てで常時運用されていることが予め判明しているのであれば、信号ピークの検出処理により検出されたn個のピークをその波長の短い順にチャンネル1、チャンネル2、…、チャンネルnと単純に対応付けるようにすることができる。従って、この場合においては前述した運用信号波長情報は不要である。

#### 【0090】

次に、WDM信号から所望の信号光を抽出するための制御の第二の手法を説明する。この手法は、入力信号から所望の信号光を抽出するために光チューナブルフィルタに印加すべきRF信号の最適周波数を補間により算出して制御を行うというものである。

#### 【0091】

なお、この手法においても、入力信号には前述した基準信号光は不要である。

この手法は、まず、図3の手順を行うが、このときのS101において、光チューナブルフィルタ51に印加するRF信号の周波数を示す情報の初期値をWDM信号として多重化し得る信号光のうち最短波長のものであるチャンネル1よりも

十分に短い波長の信号光が透過する透過特性となるように設定する。そして、続く S102 から S106 の手順によって、図4の(C)の矢印のように、光チューナブルフィルタ51の波長透過特性を長波長方向へと変化させるようにして、入力信号に含まれるWDM信号のうち、最も波長が短いチャネルの信号光を透過させるために光チューナブルフィルタ51に印加すべきRF信号の最適周波数を取得する。

#### 【0092】

次に、図3の手順を再度行うが、今度は、S101において、光チューナブルフィルタ51に印加するRF信号の周波数を示す情報の初期値をWDM信号として多重化し得る信号光のうち最長波長のものであるチャネルnよりも十分に短い波長の信号光が透過する透過特性となるように設定する。そして、続くS102からS106の手順によって、図4の(D)の矢印のように、光チューナブルフィルタ51の波長透過特性を短波長方向へと変化させるようにして、入力信号に含まれるWDM信号のうち、最も波長が長いチャネルの信号光を透過させるために光チューナブルフィルタ51に印加すべきRF信号の最適周波数を取得する。

#### 【0093】

以上の手順により、RF信号の最適周波数が2つ取得された後には、図5にフローチャートで示されている処理を演算回路54に行わせ、入力信号に含まれている所望の信号光を透過させるために光チューナブルフィルタ51に印加すべきRF信号の最適周波数を算出させる。以下、図5に示されている処理について説明する。

#### 【0094】

まず、S201において、運用信号波長情報を参照し、図3の手順の実行によってピーク検出された最短波長の信号光（この信号光を「ピーク1」とする）と最長波長の信号光（この信号光を「ピーク2」とする）とのチャネル番号を取得する処理が行われる。

#### 【0095】

続くS102では、下記の式の計算が行われ、隣接したチャネルの信号光を透過させるために変化させるべき光チューナブルフィルタ51に印加されるRF信

号の周波数の変化量  $\Delta f$  が算出される。

【0096】

$$\Delta f = (f_a - f_b) / (b - a)$$

但し、

a : ピーク 1 のチャネル番号

b : ピーク 2 のチャネル番号

$f_a$  : ピーク 1 を透過させるために光チューナブルフィルタ 51 に印加すべき R F 信号の最適周波数

$f_b$  : ピーク 2 を透過させるために光チューナブルフィルタ 51 に印加すべき R F 信号の最適周波数

である。

【0097】

続く S103 では、下記のどちらかの式の計算が実行され、所望の信号光であるチャネル k の信号光を透過させるために光チューナブルフィルタ 51 に印加すべき R F 信号の最適周波数の  $f_k$  が算出される。

【0098】

$$f_k = f_a - \{\Delta f \times (k - a)\}$$

$$f_k = f_b + \{\Delta f \times (b - k)\}$$

上式について図 6 を参照しながら説明する。

【0099】

図 6 に示すように、入力信号に含まれる各チャネルの信号光の波長間隔は、隣接したチャネル毎に一定の間隔  $\Delta \lambda$  である。そこで、光チューナブルフィルタ 51 に印加される R F 信号の周波数の変化の割合と光チューナブルフィルタ 51 の波長透過特性の変化の割合とは一定であるとみなし、a、b、 $f_a$ 、 $f_b$  の各値に基づいた直線補間によって k の値から  $f_k$  が算出されるようにした式が上記の式である。

【0100】

以上の図 5 の処理によって取得された  $f_k$  を演算回路 54 が駆動回路 55 に通知して周波数が  $f_k$  である R F 信号を光チューナブルフィルタ 51 に印加させれ

ば、入力信号から所望のチャネルの信号光が抽出される。この後は既知のトラッキング制御を開始すればよい。

#### 【0101】

前述した第一の手法では、ある程度の時間を要するピーク検出の処理を、入力信号に含まれている全ての信号光に対して行っていたのに対し、この第二の手法では、入力信号に含まれている信号光のうちの最短波長のものと最長波長のものについてのみピーク検出を行えばよいので、制御完了までの時間を短縮することができる。

#### 【0102】

なお、上述した制御の手法においては、ピーク1及びピーク2と運用信号波長情報との対応付けを行っていたが、入力信号であるWDM信号において、多重可能な最短波長であるチャネル1と最長波長であるチャネルnとの両者については常時運用されていることが予め判明しているのであれば、ピーク1をチャネル1に、そしてピーク2をチャネルnに、それぞれ常に対応付けるようにすることができる。従って、この場合においては前述した運用信号波長情報は不要である。

#### 【0103】

次に、WDM信号から所望の信号光を抽出するための制御の第三の手法を説明する。この手法は、入力信号のうち、波長が判明している信号光を透過させるために光チューナブルフィルタに印加すべきRF信号の最適周波数を求め、この周波数より、所望の信号光を透過させるために光チューナブルフィルタに印加すべきRF信号の最適周波数を算出して制御を行うというものである。

#### 【0104】

なお、この手法においては、監視制御系から得られる運用信号波長情報は、入力信号に含まれ得るWDM信号の各チャネルのうち実際に運用されているチャネルを示す情報と、その運用されているチャネルの波長を示す情報であるとする。

#### 【0105】

この手法では、まず、図2に示した光チューナブルフィルタ制御回路の構成に若干変更を加える。この手法の実施に用いられる光チューナブルフィルタ制御回

路の構成を図7に示す。

#### 【0106】

図7において、光チューナブルフィルタ61、CPL62、光検出器63、演算回路65、及び駆動回路66は、CPL62からモニタ光を2系統分岐させることと、演算回路65へ入力される情報の種類が増えていることを除けば、それぞれ図2に示した構成における光チューナブルフィルタ51、CPL52、光検出器53、演算回路54、及び駆動回路55と同様のものである。

#### 【0107】

光波長検出部64は、入力信号から前述した基準信号光を検出してその光パワー値を表している情報を演算回路54へ出力する。この光波長検出部64は、例えばエタロンやFBG（Fiber Bragg Grating）を利用した波長ロックや、スペクトルモニタなど、どのような構成のものでもよく、その既知の波長の信号光が検出できるように設定しておく。

#### 【0108】

この図7の回路において、まず、前述した第一や第二の手法などで、基準信号光及びWDM信号から所望の一波の信号光を透過させるために光チューナブルフィルタ61に印加すべきRF信号の最適周波数を予め取得しておき、その周波数情報を例えば演算回路65に設けられている不図示のメモリに格納しておく。

#### 【0109】

次に、図3の手順が演算回路65及び駆動回路66によって行われるが、演算回路65によって行われるS103のモニタ光のパワー値の取得処理は、光検出部63によって検出されたパワー値ではなく、光波長検出部64によって検出されたパワー値に基づいて取得する。このようにして図3の手順が実行されることにより、基準信号光を透過させるために光チューナブルフィルタ61に印加すべきRF信号の最適周波数を特定することができる。

#### 【0110】

次に、この特定された周波数と前述したメモリに格納されている周波数との変化分が演算回路65によって計算される。そして、メモリに格納されている、所望のチャンネルを透過させるためのRF信号の最適周波数に上述した変化分を加



算若しくは減算する処理を演算回路 65 に行わせることによって、現在の周囲温度において所望の信号光を透過させるために光チューナブルフィルタ 61 に印加すべき RF 信号の最適周波数が得られる。そこで、この周波数の RF 信号を光チューナブルフィルタ 61 に印加すれば、入力信号から所望のチャネルの信号光が抽出される。この後は既知のトラッキング制御を開始すればよい。

#### 【0111】

この第三の手法では、ある程度の時間を要するピーク検出の処理を一つの信号光に対してのみ行えばよいので、制御完了までの時間を前述した第二の手法よりも更に短縮することができる。

#### 【0112】

なお、上述した制御の手法においては、基準信号光を利用して RF 信号の最適周波数の取得を行うようにしていたが、入力信号に含まれる WDM 信号で運用されているチャネルを運用信号波長情報に基づいて特定することにより、基準信号光の代わりにそのチャネルの信号光を利用して RF 信号の最適周波数の取得を行うようにすることもできる。この場合には基準信号光は不要である。

#### 【0113】

また、このようにする場合には、FSR (Free Spectrum Range) を WDM 信号における各隣接チャネルの波長間隔に一致させ、且つ波長透過特性のピークを各チャネルの信号光のピークに一致させた周期フィルタを光波長検出部 64 として設けるようにすることができる。こうすることにより、WDM 信号である全てのチャネルの信号光を基準信号光の対象とすることができ、例えば運用チャネルが頻繁に変更されているため基準とするチャネルが変更されてしまう場合にも、光波長検出部 64 の再設計が不要となる。なお、この場合には、例えば、WDM 信号における最短または最長波長のチャネルの信号波のための RF 信号の最適周波数を前述した第二の手法と同様にして取得し、このチャネルの信号波を基準信号波として上述した第三の手法と同様に利用すればよい。

#### 【0114】

なお、この光波長検出部 64 として設けられる周期フィルタの特性は、波長透過特性における波長間隔が 100 GHz (すなわち約 0.8 nm) である場合に

において、半値全幅が $0.1 \sim 0.3 \text{ nm}$ であってフィネスが $3 \sim 8$ の範囲であることが好ましい。

#### 【0115】

一般に、信号光の波長は、制御時の温度による揺らぎや駆動電流による揺らぎ、あるいは周囲の環境変動により $\pm 0.05 \text{ nm}$  ( $50 \text{ pm}$ ) 程度の範囲で揺らいでいるため、光波長検出部 64 として設けられる周期フィルタは、WDM信号の各チャネルの信号光の波長の値にこの範囲での揺らぎが生じてもその信号光を透過させる特性を有している必要がある。

#### 【0116】

今、信号波長のずれやフィルタ自身の製造精度に起因する透過特性のずれにより、 $50\%$ の信号光のパワーの低下を許容すると仮定した場合、周期フィルタの半値全幅 (FWHM: Full Width at Half Maximum) は $0.1 \text{ nm}$ 以上は必要である。FWHMがこの値よりも小さい場合には信号光の微小な波長揺らぎによるピークパワーの変動量が大きくなってしまいうからである。仮に、 $\pm 0.05 \text{ nm}$ の範囲におけるピークパワーの変動量を $10\%$ 以下に抑えるためには、周期フィルタの波長透過特性のピークから $10\%$ 低下した部分の幅 (スペクトル幅) が $0.1 \text{ nm}$ 以下でなくてはならない。このようなフィルタの特性は、FWHMに換算すると約 $0.3 \text{ nm}$ となる。以上のことから、周期フィルタの特性はFWHMが $0.1 \sim 0.3 \text{ nm}$ であることが好ましい。

#### 【0117】

波長透過特性における波長間隔が、一般的なWDM信号における隣接チャネル間の信号波の波長間隔である $100 \text{ GHz}$  (すなわち約 $0.8 \text{ nm}$ ) である場合に、FWHMの値を変化させたときの周期フィルタの波長透過特性のシミュレーション結果を図8及び図9に示す。これらのシミュレーション結果から、周期フィルタの特性のFWHMを $0.1 \sim 0.3 \text{ nm}$ とするには、フィネスが約 $2.6$  (図8の(1))  $\sim 8$  (図8の(2)) の範囲とすべきことが分かる。

#### 【0118】

また、光波長検出部 64 に前述した周期フィルタを設ける場合には、所望の信号光の波長ズレに光チューナブルフィルタ 61 の波長透過特性を追従させるため

に演算回路 65 及び駆動回路 66 で行われる前述したトラッキング制御、すなわち、光チューナブルフィルタ 61 によって抽出された所望の信号光を CPL 62 で分岐させて得られるモニタ光を光検出部 63 で検出してそのモニタ光のパワー値が最大になるように RF 信号の周波数を変化させる制御において、モニタ光の検出を、光検出部 63 に代わって光波長検出部 64 で行うようにしても、同様の制御を行うことができる。

#### 【0119】

なお、このように光波長検出部 64 として設けた周期フィルタを用いて上述したトラッキング制御を行うのであれば、図 7 に示す構成から光検出部 63 を削除した構成、すなわち、図 10 に示す、本発明を実施する光チューナブルフィルタ制御回路の第三の例に示す構成で光チューナブルフィルタ 71 の制御を行うこともできる。図 10 において、光チューナブルフィルタ 71、CPL 72、演算回路 74、及び駆動回路 75 は、それぞれ図 2 に示した構成における光チューナブルフィルタ 51、CPL 52、演算回路 54、及び駆動回路 55 と同様のものであり、図 10 の光波長検出部 73 は、図 7 における光波長検出部 64 と同様、前述した波長透過特性を有する周期フィルタを備えて構成する。

#### 【0120】

また、図 7 に示す構成において、FSR が WDM 信号における各隣接チャンネルの波長間隔に一致しない周期フィルタであっても、その波長間隔の整数倍の間隔に一致するものであれば、これを光波長検出部 64 として設けた場合に光チューナブルフィルタ 61 の制御をすることができる。

#### 【0121】

この場合は、入力信号に含まれる WDM 信号のうち、光波長検出部 64 として設けられた周期フィルタを透過できる信号光のチャンネルを予め調べておき、更に、そのチャンネルのうち現在運用されているチャンネルを運用信号波長情報に基づいて特定する。そして、前述した第二の制御の手法と同様を行う。

#### 【0122】

すなわち、まず、光チューナブルフィルタ 61 に印加する RF 信号の周波数を変化させてそのフィルタの波長透過特性を WDM 信号に対して十分に短い波長か

ら長い波長へと変化させたときに、周期フィルタの透過後のモニタ光の信号ピークが最初に検出されたときのRF信号の周波数を演算回路54で取得する。このときに得られる周波数は、周期フィルタを透過できる信号光のチャンネルのうち、現在運用中であってその波長が最も短いチャンネルの信号光を透過させるためのRF信号の最適周波数である。

#### 【0123】

次に、RF信号の周波数を変化させて光チューナブルフィルタ61の波長透過特性をWDM信号に対して十分に長い波長から短い波長へと変化させたときに、周期フィルタの透過後のモニタ光の信号ピークが最初に検出されたときのRF信号の周波数を演算回路54で取得する。このときに得られる周波数は、周期フィルタを透過できる信号光のチャンネルのうち、現在運用中であってその波長が最も長いチャンネルの信号光を透過させるためのRF信号の最適周波数である。

#### 【0124】

以上のようにして、WDM信号のうちの2つのチャンネルの各々についてそのチャンネルの信号波を透過させるために光チューナブルフィルタ61に印加すべきRF信号の最適周波数が得られたので、後は、前述した第二の制御の手法と同様の直線補間を演算回路54で行うことにより、WDM信号の各チャンネルを透過させるためのRF信号の最適周波数を演算回路54で算出することができる。

#### 【0125】

以上のようにすることにより、FSRがWDM信号における各隣接チャンネルの波長間隔に一致しない周期フィルタであっても、これを光波長検出部64として設けた場合に光チューナブルフィルタ61の制御をすることができる。

#### 【0126】

また、以上までに説明した各種の制御の手法は、いずれも入力信号に含まれるWDM信号から所望のチャンネルの抽出の要求を取得したときに行われるようにしていたが、この要求がなされていない、いわゆる待ち受けの状態に制御回路が置かれている場合であっても、常に任意のチャンネルの選択及びトラッキング制御を行うようにしておいてもよい。こうしておくことにより、常に光チューナブルフィルタ61に印加するRF信号の周波数と透過波長特性との関係が演算回路65

によって把握されているので、上記の要求を受けた後に入力信号に含まれている信号光のピークの検出を行う処理を実行しないで済むので、要求取得後から制御完了までのレスポンスを向上させることができる。

#### 【0127】

また、入力信号に含まれるWDM信号から任意のチャネルの抽出が光チューナブルフィルタ61によって行われている状態においてこのチャネルとは異なる別のチャネルの抽出の要求を取得した場合には、光チューナブルフィルタ61が現在抽出している信号光のチャネル番号と印加されているRF信号の周波数との関係、及びその時点で判明している光チューナブルフィルタ61に印加するRF信号の周波数と透過波長特性との関係を用いて、その要求されているチャネルの信号光の抽出のために印加すべきRF信号の最適周波数を算出するようにしてもよい。こうすることにより、上記の要求を受けた後に入力信号に含まれている信号光のピークの検出を行う処理を実行しないで済むので、要求取得後から制御完了までのレスポンスを向上させることができる。

#### 【0128】

なお、上述した各種の制御の手法は、光チューナブルフィルタがAOTFである場合に限定されるものではなく、他の光チューナブルフィルタデバイスを用いている場合にも適用可能である。

#### 【0129】

次に、前述した制御の各手法における制御対象である光チューナブルフィルタとしてAOTFを使用する場合について考える。

AOTFの透過波長特性例を図11に示す。AOTFは狭帯域の透過波長特性を提供するが、その透過波長特性のメインローブの上下端にサイドローブ（コブ）が出現してしまう。このサイドローブはメインローブに対しては十分なアイソレーションを有しているので信号光の選択特性としては問題とならない。

#### 【0130】

しかし、前述した制御の第一や第二の手法のように、AOTFに印加するRF信号の周波数をスイープさせながら信号のピークの検出を行うときに問題を生じる場合がある。

**【0131】**

ここで図12について説明する。同図は、AOTFに印加したRF信号の周波数と、そのAOTFを通過した信号光の光パワー値との関係をグラフに示したものである。同図は、AOTFに印加するRF信号の周波数をスイープさせたときに検出されたAOTFを通過した信号光の光パワー値を示したものであるが、前述したAOTFの透過波長特性におけるサイドローブの影響により微小なピークがこのグラフに表れてしまっている（図12における破線の丸印で囲んだ部分）。

**【0132】**

このようなピークが検出されてしまうと、WDM信号の各チャネルの信号光と観測される信号ピークとの対応付けを誤ってしまうこととなり、所望のチャネルの信号光の抽出のためのRF信号の最適周波数を誤設定してしまうことがある。とりわけ従来技術で説明したログアンプを用いた光検出部を使用している場合にこのような微小ピークが表れてしまったときには、微小なピークにおけるパワーの変動も大きな変化として観測されてしまうため、このような誤りが生じてしまうおそれが高い。

**【0133】**

以上の問題を解消するAOTFの制御の手法について、図13を参照しながら説明する。

なお、以下の説明では、AOTFの制御回路は図2に示した構成であり、同図の光チューナブルフィルタ51がAOTFであるとする。

**【0134】**

まず、入力信号に含まれるWDM信号の信号帯域よりも十分離れた波長（例えば隣接チャネル間の波長間隔の10倍以上）がAOTFの透過波長特性となるような周波数のRF信号をAOTFへ印加し、このときに光検出部53で検出されたパワー値を「ノイズレベル」とする。そして、この「ノイズレベル」のパワー値から、予め設定されている値である「ノイズ規定幅」までの範囲のパワー値である信号は信号光と見なさないようにする。

**【0135】**

次に、一定の周波数間隔でRF信号の周波数をスイープ（図13においては増加）させて、光検出部53での検出値が「信号レベル（＝「ノイズレベル」＋「ノイズ規定幅」）」を超えるようにする。この「信号レベル」を超えたものについては信号光であるとみなし、ここより信号ピークの検出を開始させる。

#### 【0136】

その後、光検出部53による時刻 $t$ における検出値 $P_t$ と時刻 $t-1$ における検出値 $P_{t-1}$ とを比較してその変化の増減を判定する。検出値が増加しているとの判定が下されたのであれば $P_t$ をその時点での最大値としてRF信号の周波数のスイープを継続する。一方、検出値の変化が増加から減少に転じたと判定されたときは、検出値 $P_{t-1}$ が検出された時刻 $t-1$ におけるRF信号の周波数を、信号光のピークを透過させるためにAOTFに印加すべき周波数と仮に決定する。

#### 【0137】

続いて、その検出値 $P_{t-1}$ が検出されたときのRF信号の周波数から予め設定されている周波数の範囲である「ピーク検出幅」までの間におけるこの信号光の検出値の低下量を観察し、この検出値の低下量が予め設定されている値である「ピーク判断幅」よりも多く低下するかどうかを判定する。このような低下が生じたと判定されたのであれば、検出値 $P_{t-1}$ は「信号ピーク点」であり、この「信号ピーク点」が検出された時刻 $t-1$ におけるRF信号の周波数を、信号光のピークを透過させるために印加すべき周波数であると正式に決定する。一方、このような低下が生じなかったと判定されたのであれば、時刻 $t-1$ におけるRF信号の周波数は、信号光のピークを透過させるために印加すべき周波数ではなかったと判定し、新たな信号光のピークを検出すべく、前述した手順を繰り返す。

#### 【0138】

以上の手順に従って信号光のピークの検出を行うことにより、AOTFのサイドローブによる信号の誤検出が防止される。

ここで図14について説明する。同図は、上述した、ピーク信号の誤検出が防止されるAOTFの制御の手順をフローチャートで示したものである。なお、こ

の手順は、図2の演算回路54及び駆動回路55によって行われる。

【0139】

まず、S301において、AOTF（光チューナブルフィルタ51）に印加するRF信号のパワー値を示す情報とその周波数を示す情報との初期値を駆動回路55へ通知する処理が演算回路54によって行われる。なお、このときに駆動回路55へ通知される周波数の情報は、入力信号に含まれるWDM信号の信号帯域よりも十分離れた波長がAOTFの透過波長特性となるような周波数を示している。

【0140】

S302では、演算回路54から通知された情報に基づいたパワー値及び周波数のRF信号のAOTFへの印加が駆動回路55によって開始される。

S303では、光検出部53によって検出された、モニタ光のパワー値を示している情報を取得してこの情報によって示されているパワー値を「ノイズレベル $P_n$ 」と定義し、更に、このノイズレベル $P_n$ の値と予め与えられている「ノイズ規定幅」との加算結果を「信号レベル $P_{sig}$ 」と定義する処理が演算回路54によって行われる。

【0141】

S304では、変数 $t$ に初期値「0」を代入する処理が演算回路54によって行われる。

S305では、駆動回路55で発生させているRF信号の周波数をスイープさせるために、直前に駆動回路55に通知した周波数値に所定の周波数間隔を加算して得られる周波数値を駆動回路55へ通知する処理が演算回路54によって行われる。このときに通知される周波数値を $F(t)$ とする。

【0142】

続くS306では、演算回路54から通知された情報に基づいたパワー値及び周波数のRF信号のAOTFへの印加が駆動回路55によって行われる。

S307では、光検出部53によって検出された、モニタ光のパワー値を示している情報を取得してこの情報によって示されているパワー値を $P(t)$ に代入し、更に、このときまでに得られていたパワー値の最大値を $P_{max}$ と定義す



ると共に、この  $P\_max$  が検出されたときに駆動回路 55 で発生させていた R F 信号の周波数を  $F\_max$  と定義する処理が演算回路 54 によって行われる。

【0143】

S308では、 $P\_max$  の値が  $P\_sig$  の値よりも大きいかな否か、すなわち  $P\_max$  の値は「信号レベル」を上回っているかな否かが演算回路 54 によって判定され、この判定結果が Yes ならば S309 に、No ならば S312 にそれぞれ進む。

【0144】

S309では、 $P(t)$  の値から  $P(t-1)$  の値を減算した結果の値が負となるかな否か、すなわち、モニタ光のパワー値が増加から減少に転じたかな否かが演算回路 54 によって判定され、この判定結果が Yes ならば S310 に、No ならば S312 にそれぞれ進む。

【0145】

S310では、 $F\_max$  と  $F(t)$  との差が予め与えられている「ピーク検出幅」を下回っているかな否か、すなわち、 $F(t)$  が  $F\_max$  から「ピーク検出幅」の範囲に含まれる値に留まっているかな否かが演算回路 54 によって判定され、この判定結果が Yes ならば S311 に、No ならば S312 にそれぞれ進む。

【0146】

S311では、 $P\_max$  の値から  $P(t)$  の値を減算した結果の値が予め与えられている「ピーク判断幅」を超えているかな否か、すなわち、 $P(t)$  の値が  $P\_max$  の値から「ピーク判断幅」よりも多く低下したかな否かが演算回路 54 によって判定され、この判定結果が Yes ならば S313 に、No ならば S312 にそれぞれ進む。

【0147】

S312では、変数  $t$  の現在の値を「1」だけ進める処理が演算回路 54 によって行われ、その後は S305 へ戻って上述した手順が繰り返される。

S313では、このときの  $F\_max$  の値を信号光のピークを透過させるために AOTF に印加すべき周波数として設定する処理が演算回路 54 によって行わ

れ、この制御の手順が終了する。

#### 【0148】

以上の処理によって、AOTFの波長透過特性に表れるサイドローブによる誤検出がされずに信号光のピークを検出することができる。

次に、前述した各種の制御回路によって制御されている光チューナブルフィルタによって入力信号に含まれるWDM信号から所望のチャネルの信号光の抽出がなされた後にその状態を継続させるために行われる制御であるトラッキング制御の概要について、図15を参照しながら説明する。

#### 【0149】

このトラッキング制御は、例えば図2の回路において、光チューナブルフィルタ51によって選択された信号光の波長に対応させて光チューナブルフィルタ51に印加するRF信号の周波数を僅かに変化させる指示を演算回路54が駆動回路55に与えると生じるモニタ光のパワー変動を誤差信号として検出し、その誤差信号に応じてそのRF信号の周波数をフィードバック制御することにより、光チューナブルフィルタ51の波長透過特性を最適化する。

#### 【0150】

今、演算回路54が制御対象であるRF信号を変化させる（ディザリングさせる）指示を駆動回路55へ与えると、光検出部53で検出されるモニタ光のパワーは、図15に示すように変化する。駆動信号の周波数を変化させる動作は、ある時点で設定されている駆動信号の周波数が $f_0$ であるとき、その周波数 $f_0$ からトラッキング周波数間隔 $\Delta f$ だけ低周波側に離れた周波数 $f_- (= f_0 - \Delta f)$ と、同じく $f_0$ から $\Delta f$ だけ高周波側に離れた周波数 $f_+ (= f_0 + \Delta f)$ との間で変化させることにより行われる。図15の例においては、RF信号の周波数が $f_-$ であるときのモニタ光パワーがa点に該当し、RF信号の周波数が $f_0$ であるときのモニタ光パワーがb点に該当し、RF信号の周波数が $f_+$ であるときのモニタ光パワーがc点に該当する。

#### 【0151】

ここで、a点とc点とにおけるモニタ光パワーの比較が行われ、この両者のうちでモニタ光パワーの大きい方に対応した周波数が次回の制御における中心周波

数（上述した  $f_0$ ）となるように RF 信号の周波数を制御する。図 15 の例においては、高周波側である c 点におけるモニタ光パワーの方が低周波側である a 点におけるものよりも大きいので、この c 点の周波数、すなわち  $f_+$  が次の制御における中心周波数  $f_0$  に設定される。

#### 【0152】

以上の制御が繰り返し行われることにより、光チューナブルフィルタ 51 による所望の信号波の抽出状態が維持される。

その他、本発明は、上述した実施形態に限定されることなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内で種々の改良・変更が可能である。

#### 【0153】

（付記 1） 波長分割多重（WDM）方式で多重化されている信号光から特定の波長の信号光を透過して抽出し、制御信号に応じて透過波長特性が変化する光チューナブルフィルタと、

前記光チューナブルフィルタによって抽出された信号光の検出を行う検出手段と、

前記多重化された信号光の全てが含まれる波長帯域の範囲で前記光チューナブルフィルタの透過波長特性を走査させたときに前記検出手段によって該走査に応じて得られる検出の結果に基づいて、所定の波長の信号光を該光チューナブルフィルタに抽出させるための前記制御信号を生成する制御信号生成手段と、を有することを特徴とする光通信システム。

#### 【0154】

（付記 2） 前記制御信号生成手段は、前記検出の結果と前記多重化された信号光についての現在の運用状況を示している情報とに基づいて、前記所定の波長の信号光を抽出させるための前記制御信号を生成することを特徴とする付記 1 に記載の光通信システム。

#### 【0155】

（付記 3） 波長分割多重（WDM）方式で多重化されている信号光から特定の波長の信号光を透過して抽出し、制御信号に応じて透過波長特性が変化する光チューナブルフィルタと、

前記光チューナブルフィルタによって抽出された信号光の検出を行う検出手段と、

前記多重化された信号光の全てが含まれる波長帯域の範囲の外側から前記光チューナブルフィルタの透過波長特性を走査させたときに前記検出手段によって該走査に応じて得られる該波長帯域の両端の信号光についての検出の結果に基づいて、指示された波長の信号光を該光チューナブルフィルタに抽出させるための前記制御信号を指定する指定情報を生成する演算を行う演算手段と、

前記指定情報に応じた前記制御信号を生成する制御信号生成手段と、  
を有することを特徴とする光通信システム。

#### 【0156】

(付記4) 前記演算手段は、前記検出の結果と前記多重化された信号光についての現在の運用状況を示している情報とに基づいて、前記演算を行うことを特徴とする付記3に記載の光通信システム。

#### 【0157】

(付記5) 波長分割多重(WDM)方式で多重化されている信号光から特定の波長の信号光を透過して抽出し、制御信号に応じて透過波長特性が変化する光チューナブルフィルタと、

前記光チューナブルフィルタによって抽出された信号光の検出を行う検出手段と、

前記光チューナブルフィルタによって抽出された信号光のうちの特定の波長の信号光の検出を行う光波長検出手段と、

前記検出手段による検出の結果及び前記光波長検出手段による検出の結果と前記多重化された信号光についての現在の運用状況を示している情報とに基づいて、指示された波長の信号光を該光チューナブルフィルタに抽出させるための前記制御信号を指定する指定情報を生成する演算を行う演算手段と、

前記指定情報に応じた前記制御信号を生成する制御信号生成手段と、  
を有することを特徴とする光通信システム。

#### 【0158】

(付記6) 波長分割多重(WDM)方式で多重化されている信号光から特定

の波長の信号光を透過して抽出し、制御信号に応じて透過波長特性が変化する光チューナブルフィルタと、

前記光チューナブルフィルタによって抽出された信号光の検出を行う検出手段と、

前記光チューナブルフィルタによって抽出された信号光のうち該光チューナブルフィルタに入力された信号光に常に含まれていることが判明している基準信号光の検出を行う基準信号光検出手段と、

前記検出手段による検出の結果及び前記基準信号光検出手段による検出の結果に基づいて、所定の波長の信号光を該光チューナブルフィルタに抽出させるための前記制御信号を指定する指定情報を生成する演算を行う演算手段と、

前記指定情報に応じた前記制御信号を生成する制御信号生成手段と、  
を有することを特徴とする光通信システム。

#### 【0159】

(付記7) 前記光波長検出手段は、前記多重化されている信号光のうちの特定の波長の信号光についての前記検出を行うことを特徴とする付記5に記載の光通信システム。

#### 【0160】

(付記8) 前記光波長検出手段は、フリー・スペクトラム・レンジ(FSR)が前記多重化された信号光における隣接信号光間の波長間隔と同一であり、且つ透過波長特性のピークが該信号光の波長と一致するように構成されている周期フィルタを有することを特徴とする付記5に記載の光通信システム。

#### 【0161】

(付記9) 前記周期フィルタは、半値全幅(FWHM)が0.1nm以上0.3nm以下であって、且つフィネスが3以上8以下である特性を有していることを特徴とする付記8に記載の光通信システム。

#### 【0162】

(付記10) 前記周期フィルタを透過する信号光の光量が大きくなるように前記光チューナブルフィルタの透過波長特性を変化させる制御を行う制御手段を更に有することを特徴とする付記8に記載の光通信システム。

**【0163】**

(付記11) 波長分割多重(WDM)方式で多重化されている信号光から特定の波長の信号光を透過して抽出し、制御信号に応じて透過波長特性が変化する光チューナブルフィルタと、

前記光チューナブルフィルタによって抽出された信号光のうちの特定の波長の信号光の検出を行う光波長検出手段と、

前記光波長検出手段による検出の結果と前記多重化された信号光についての現在の運用状況を示している情報とに基づいて、指示された波長の信号光を該光チューナブルフィルタに抽出させるための前記制御信号を指定する指定情報を生成する演算を行う演算手段と、

前記指定情報に応じた前記制御信号を生成する制御信号生成手段と、  
を有することを特徴とする光通信システム。

**【0164】**

(付記12) 前記光波長検出手段は周期フィルタを有し、

前記演算手段は、前記多重化された信号光の全てが含まれる波長帯域の範囲の外側から前記光チューナブルフィルタの透過波長特性を走査させたときに前記周期フィルタを透過した該走査に応じて得られる該波長帯域の両端の信号光についての検出の結果に基づいて、指示された波長の信号光を該光チューナブルフィルタに抽出させるための前記制御信号を指定する指定情報を生成する演算を行う、  
ことを特徴とする付記5に記載の光通信システム。

**【0165】**

(付記13) 前記演算手段は、信号光の抽出の指示を受けていないときには、前記多重化された信号光から一波を任意に選択して該信号光を抽出させるための前記指定情報を生成する演算を行っておき、その後に信号光の抽出の指示を受けたときには、そのときまでに該演算手段が取得していた情報に基づいて該指示に係る信号光を抽出させるための前記指定情報を生成する演算を行うことを特徴とする付記3又は5に記載の光通信システム。

**【0166】**

(付記14) 前記演算手段は、信号光の抽出の指示が変更されたときには、

該変更の指示を受ける前までに該演算手段が取得していた情報に基づいて該変更後の指示に係る信号光を抽出させるための前記指定情報を生成する演算を行うことを特徴とする付記 3 又は 5 に記載の光通信システム。

#### 【0167】

(付記 15) 前記演算手段は、前記検出手段による検出の結果に基づいて信号光の有無の判定を行うときには、前記多重化された信号光の全てが含まれる波長帯域の範囲外の波長の信号光を透過させるように前記光チューナブルフィルタの波長透過特性が設定されているときに該検出手段で検出される信号レベルに基づいて該判定の基準を設定することを特徴とする付記 3 又は 5 に記載の光通信システム。

#### 【0168】

(付記 16) 前記演算手段は、前記検出手段による検出の結果に基づいて信号光の有無の判定を行うときに、前記信号レベルに対する判定対象の信号レベルの大きさが所定値に満たないときには、該判定対象の信号は信号光ではないと判定することを特徴とする付記 15 に記載の光通信システム。

#### 【0169】

(付記 17) 前記演算手段は、前記信号レベルに対する判定対象の信号レベルの大きさが前記所定値以上である範囲で前記光チューナブルフィルタの透過波長特性を走査させたときに前記検出手段によって該走査に応じて検出される信号光の信号レベルの最大値を保持しておき、該最大値が検出されたときから所定の範囲内で該走査を継続させたときに該最大値から所定値以上の信号レベルの低下が前記検出手段によって検出されたならば、該最大値が検出されたときに前記制御信号生成手段に生成させていた前記制御信号を、該信号光の抽出のために光チューナブルフィルタへ与えるべき最適な制御信号であるとみなして前記演算を行なうことを特徴とする付記 16 に記載の光通信システム。

#### 【0170】

(付記 18) 波長分割多重 (WDM) 方式で多重化されている信号光から特定の波長の信号光を透過して抽出し、制御信号に応じて透過波長特性が変化する光チューナブルフィルタによって抽出された信号光の検出を行い、

前記多重化された信号光の全てが含まれる波長帯域の範囲で前記光チューナブルフィルタの透過波長特性を走査させたときに該走査に応じて得られる前記検出の結果に基づいて、所定の波長の信号光を該光チューナブルフィルタに抽出させるための前記制御信号を生成する、  
ことを特徴とする光チューナブルフィルタの制御方法。

#### 【0171】

(付記19) 波長分割多重(WDM)方式で多重化されている信号光から特定の波長の信号光を透過して抽出し、制御信号に応じて透過波長特性が変化する光チューナブルフィルタによって抽出された信号光の検出を行い、

前記多重化された信号光の全てが含まれる波長帯域の範囲の外側から前記光チューナブルフィルタの透過波長特性を走査させたときに前記検出によって該走査に応じて得られる該波長帯域の両端の信号光についての検出の結果に基づいて、指示された波長の信号光を該光チューナブルフィルタに抽出させるための前記制御信号を指定する指定情報を生成し、

前記指定情報に応じた前記制御信号を生成する、  
ことを特徴とする光チューナブルフィルタの制御方法。

#### 【0172】

(付記20) 波長分割多重(WDM)方式で多重化されている信号光から特定の波長の信号光を透過して抽出し、制御信号に応じて透過波長特性が変化する光チューナブルフィルタによって抽出された信号光についての第一の検出を行い、

前記光チューナブルフィルタによって抽出された信号光のうちの特定の波長の信号光についての第二の検出を行い、

前記第一及び前記第二検出の結果と前記多重化された信号光についての現在の運用状況を示している情報とに基づいて、指示された波長の信号光を該光チューナブルフィルタに抽出させるための前記制御信号を指定する指定情報を生成し、

前記指定情報に応じた前記制御信号を生成し、  
ことを特徴とする光チューナブルフィルタの制御方法。

#### 【0173】



(付記 2 1) 波長分割多重 (WDM) 方式で多重化されている信号光から特定の波長の信号光を透過して抽出し、制御信号に応じて透過波長特性が変化する光チューナブルフィルタによって抽出された信号光の検出を行い

前記光チューナブルフィルタによって抽出された信号光のうち該光チューナブルフィルタに入力された信号光に常に含まれていることが判明している基準信号光の検出を行い、

前記信号光の検出の結果及び前記基準信号光の検出の結果に基づいて、所定の波長の信号光を該光チューナブルフィルタに抽出させるための前記制御信号を指定する指定情報を生成し、

前記指定情報に応じた前記制御信号を生成する、  
ことを特徴とする光チューナブルフィルタの制御方法。

#### 【0174】

(付記 2 2) 波長分割多重 (WDM) 方式で多重化されている信号光から特定の波長の信号光を透過して抽出し、制御信号に応じて透過波長特性が変化する光チューナブルフィルタによって抽出された信号光のうちの特定の波長の信号光の検出を行い、

前記検出の結果と前記多重化された信号光についての現在の運用状況を示している情報とに基づいて、指示された波長の信号光を該光チューナブルフィルタに抽出させるための前記制御信号を指定する指定情報を生成し、

前記指定情報に応じた前記制御信号を生成する、  
ことを特徴とする光チューナブルフィルタの制御方法。

#### 【0175】

##### 【発明の効果】

以上詳細に説明したように、本発明によれば、光チューナブルフィルタを使用して WDM 信号から所望の信号を抽出するときに、所望のものとは異なる信号が誤抽出されないように光チューナブルフィルタを制御することが可能となる効果を奏する。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

本発明を実施するAOTFを用いたOADMの構成を示す図である。

【図2】

本発明を実施する光チューナブルフィルタ制御回路の構成の第一の例を示す図である。

【図3】

光チューナブルフィルタの制御の手順をフローチャートで示した図である。

【図4】

入力信号のスペクトル特性例を示す図である。

【図5】

RF信号周波数補間算出処理の処理内容を示すフローチャートである。

【図6】

RF信号周波数を補間により算出する手法を説明する図である。

【図7】

本発明を実施する光チューナブルフィルタ制御回路の第二の例を示す図である。

【図8】

周期フィルタの波長透過特性のシミュレーション結果を示す図（その1）である。

【図9】

周期フィルタの波長透過特性のシミュレーション結果を示す図（その2）である。

【図10】

本発明を実施する光チューナブルフィルタ制御回路の第三の例を示す図である。

【図11】

AOTFの透過波長特性例を示す図である。

【図12】

波長多重信号入力時におけるRF周波数とAOTF透過光との関係をグラフに示した図である。

**【図 13】**

透過特性による信号誤検出を防止する制御の手法を説明する図である。

**【図 14】**

ピーク信号の誤検出が防止される AOTF の制御の手順をフローチャートで示した図である。

**【図 15】**

トラッキング制御の概要を説明する図である。

**【図 16】**

OADM のネットワーク構成例を示す図である。

**【図 17】**

AOTF を用いた OADM の構成例を示す図である。

**【図 18】**

トラッキング制御のための制御信号を得る光検出部にログアンプを用いる手法を説明する図である。

**【符号の説明】**

11、13、44、2001、2004、2008、2010 増幅器

12、21、42、43、52、62、72、2002、2005、

2007、2009 CPL

20 ドロップ部

22、2006 ドロップ型 AOTF

23、32 フォトダイオード

24、33 制御部

25、34 RF 発振器

30 ブロッキング部

31、2003 リジェクション型 AOTF

41 波長可変 LD

51、61、71 光チューナブルフィルタ

53、63 光検出部

54、65、74 演算回路

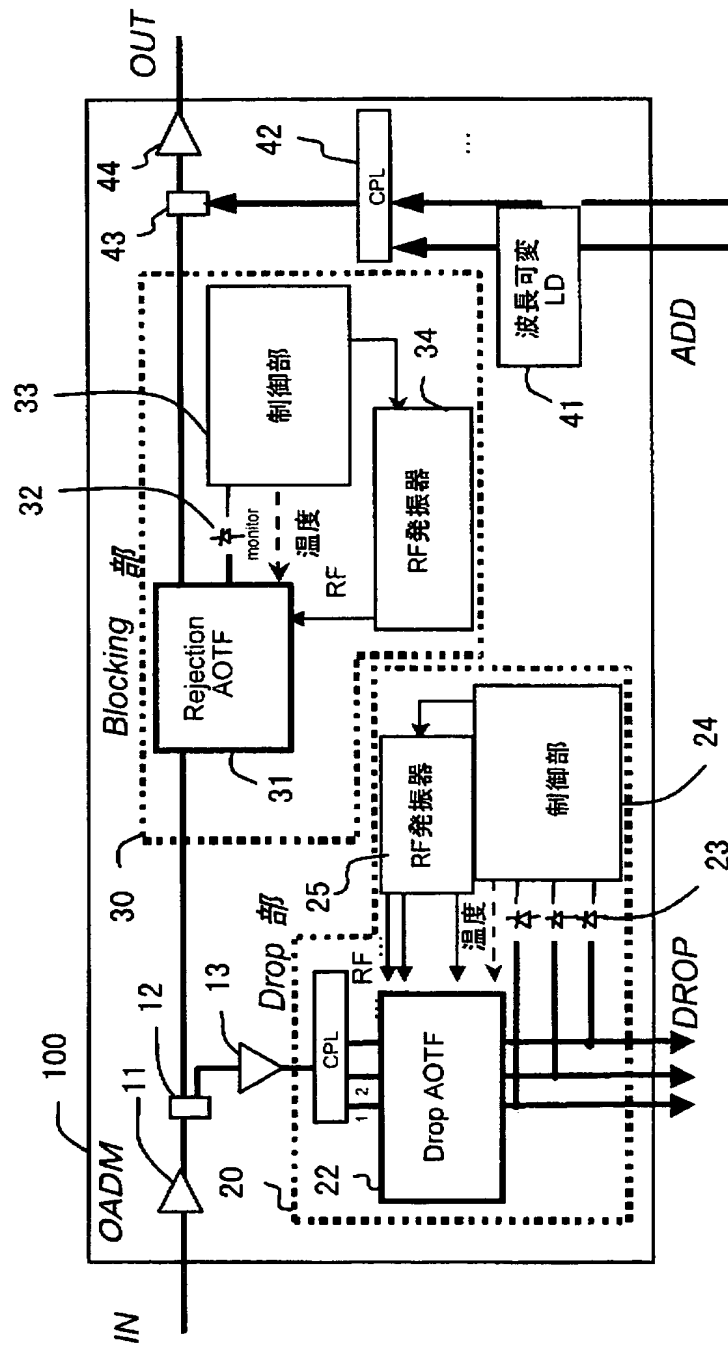
5 5、6 6、7 5 駆動回路  
6 4、4 3 光波長検出部  
1 0 0 OADM  
1 0 0 1 Aネットワーク  
1 0 0 2 Bネットワーク  
2 0 0 0 ASEサプレッションフィルタ  
2 0 1 1 制御部 (MC)  
2 1 0 0、2 4 0 0 光スイッチ (OSW)  
2 2 0 0 トランスポンダ  
2 3 0 0 チューナブルトランスポンダ  
3 0 0 0 監視制御系  
4 0 0 1 光受光器 (PD)  
4 0 0 2 電流電圧変換用ログアンプ  
4 0 0 3 非反転増幅器  
4 0 0 4 低域通過フィルタ (LPF)  
4 0 0 5 A/D変換器

【書類名】

図面

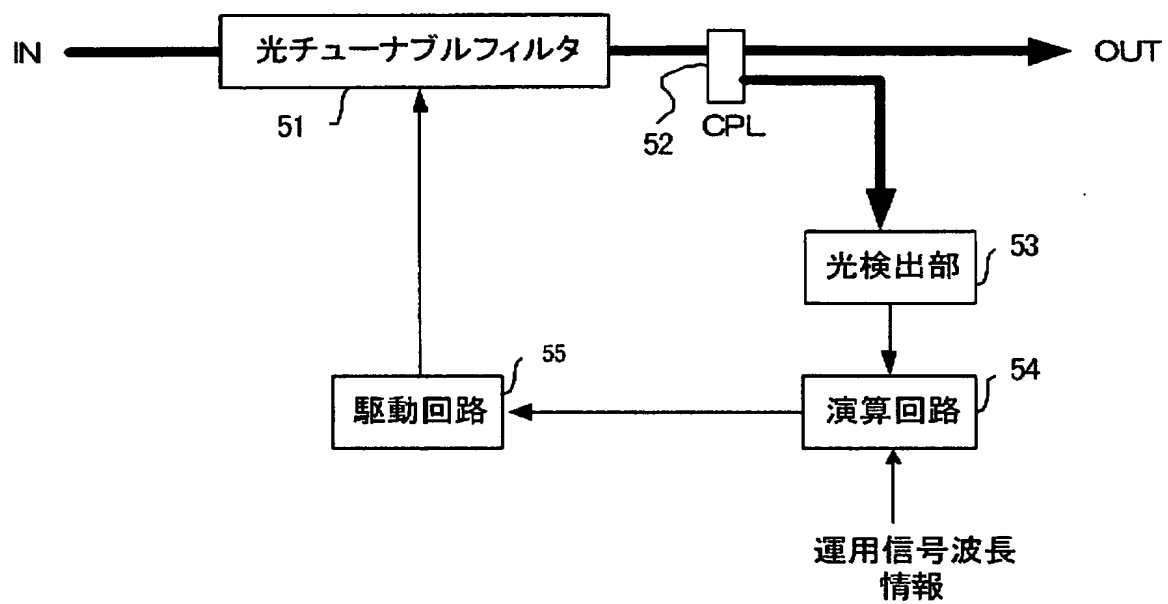
【図 1】

# 本発明を実施するAOTFを用いた OADMの構成を示す図

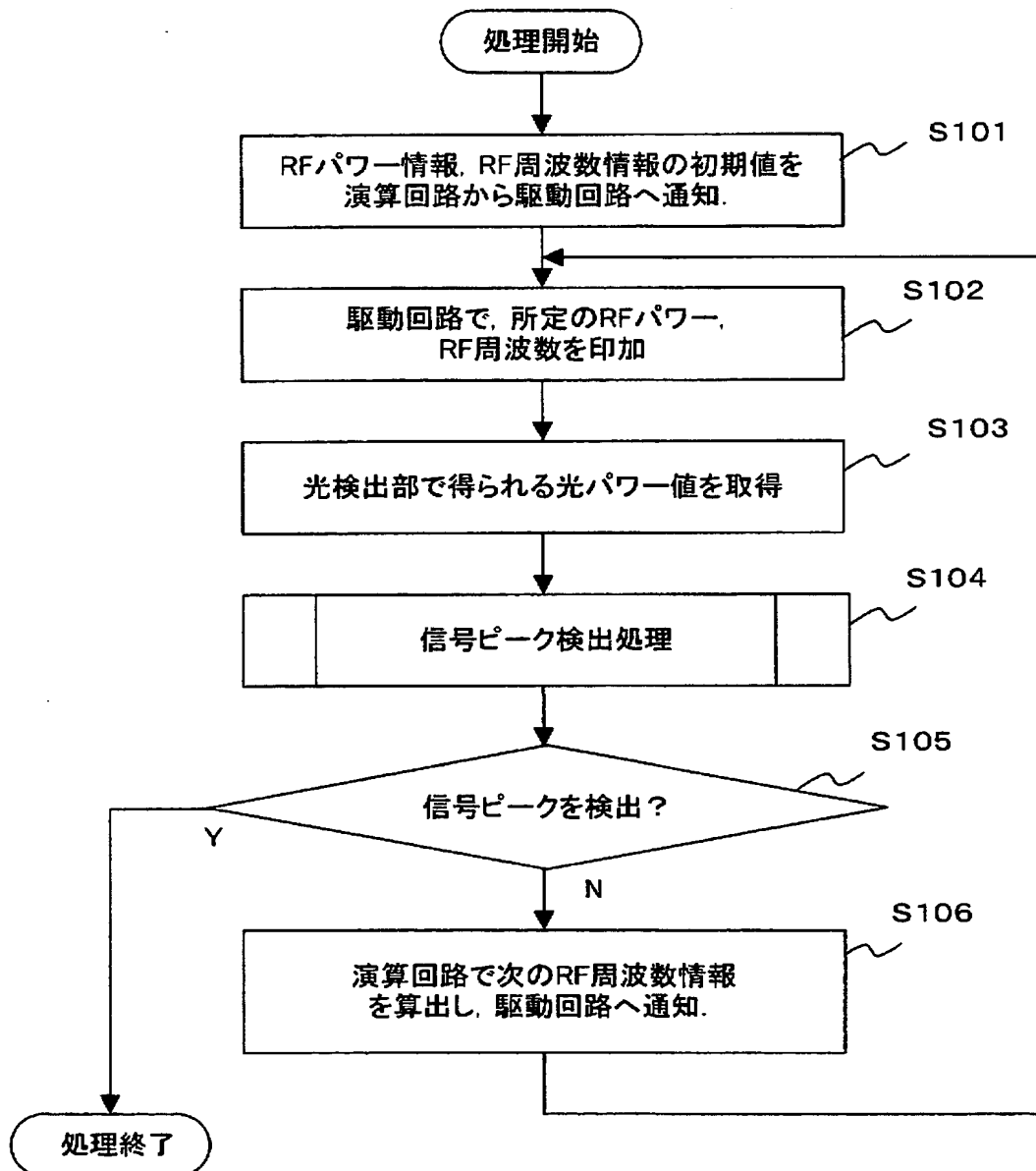


【図 2】

本発明を実施する光チューブフィルタ制御回路の  
構成の第一の例を示す図

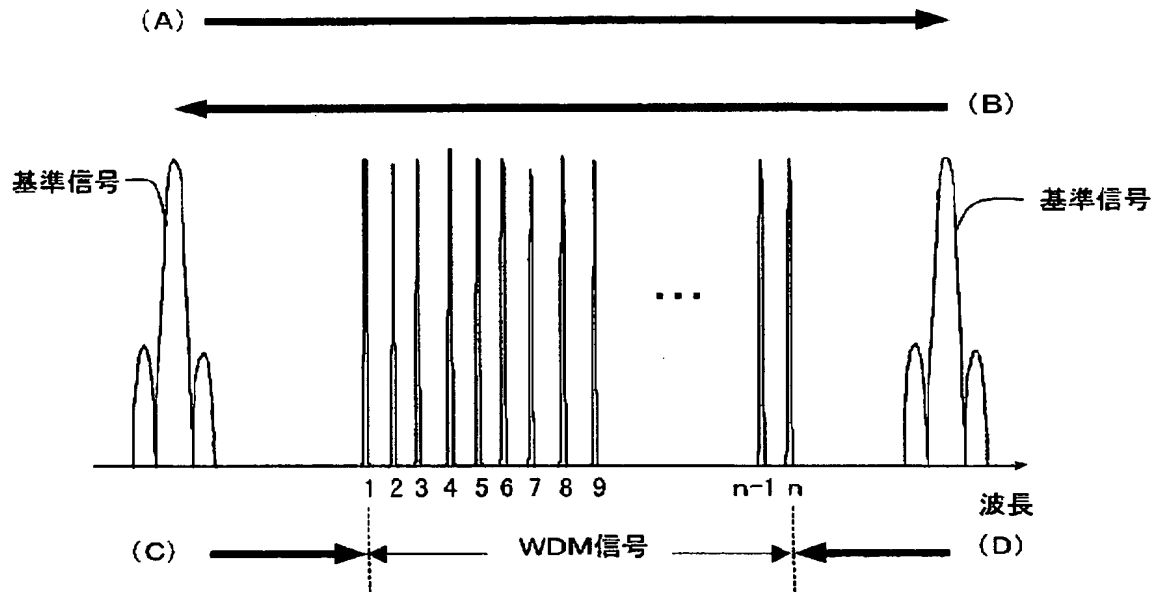


【図 3】

光チューナブルフィルタの制御の手順を  
フローチャートで示した図

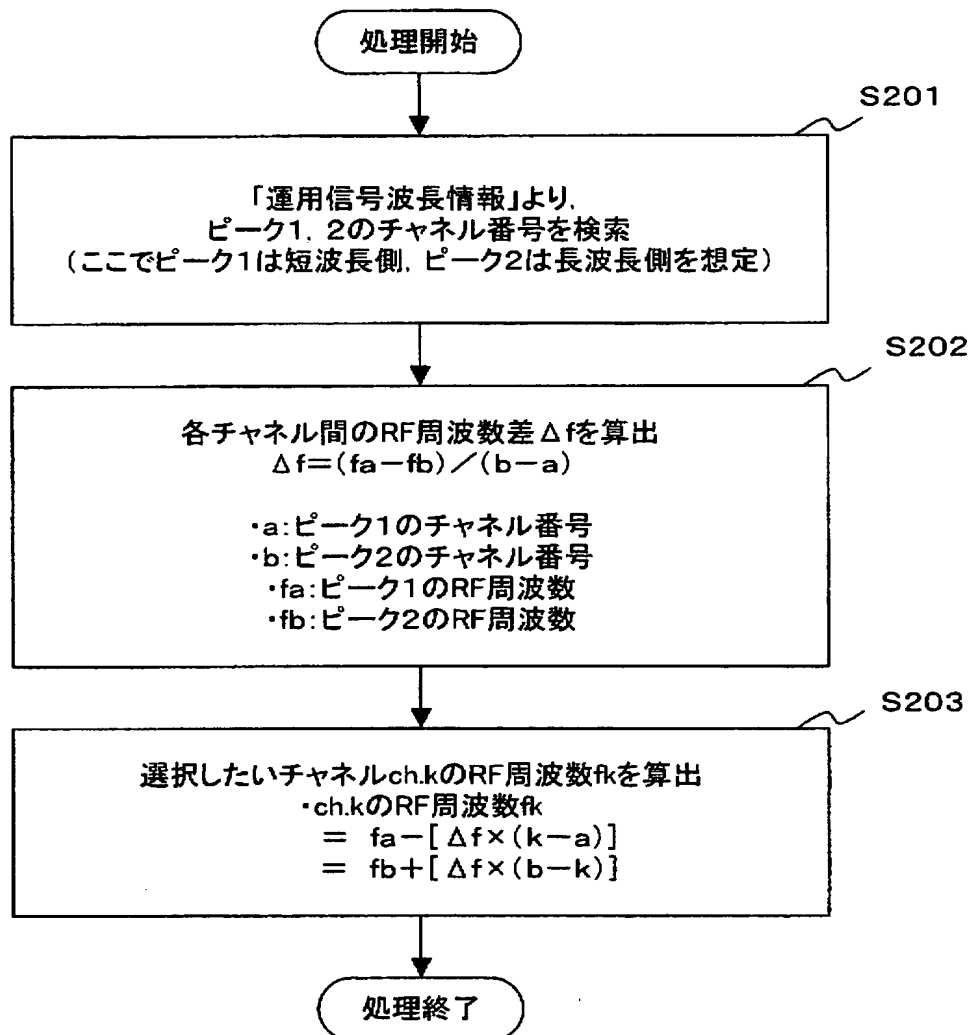
【図 4】

## 入力信号のスペクトル特性例を示す図



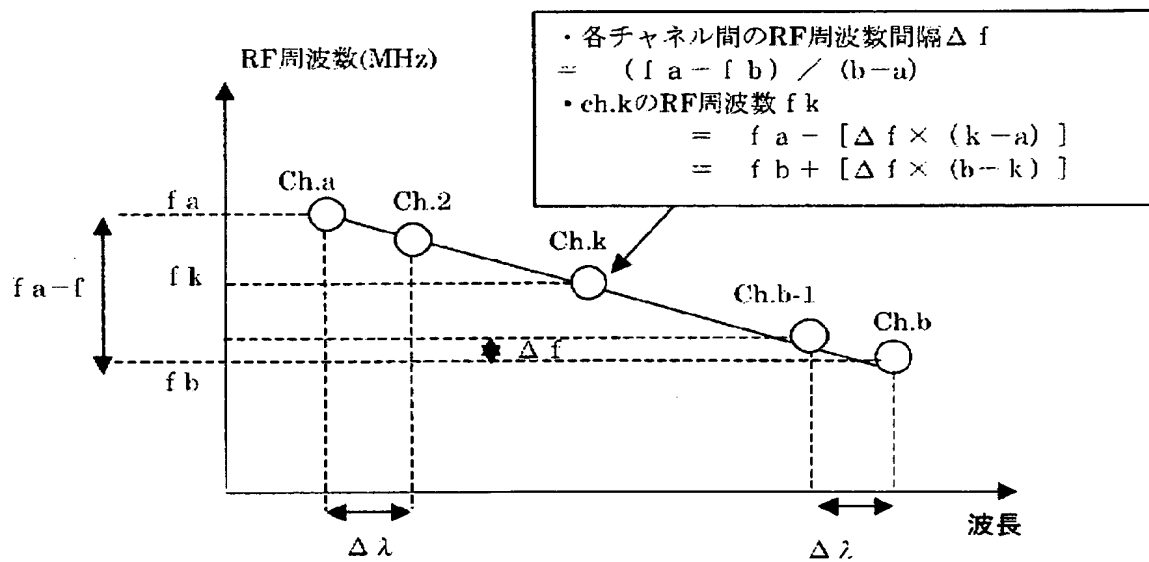


【図 5】

RF信号周波数補間算出処理の  
処理内容を示すフローチャート

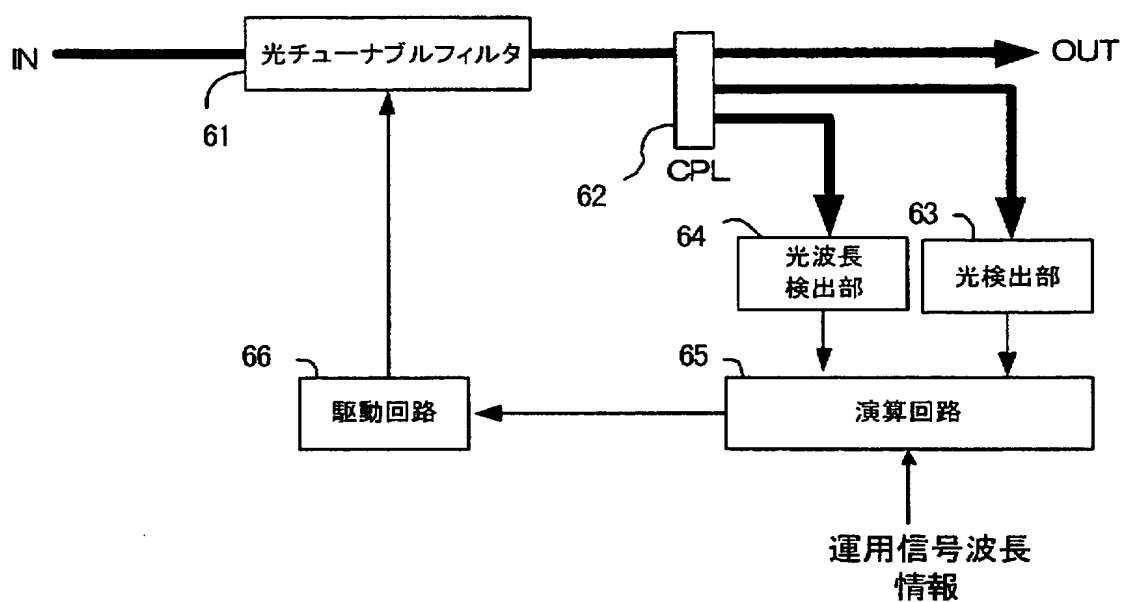
【図 6】

# RF信号周波数を 補間により算出する手法を説明する図



【図 7】

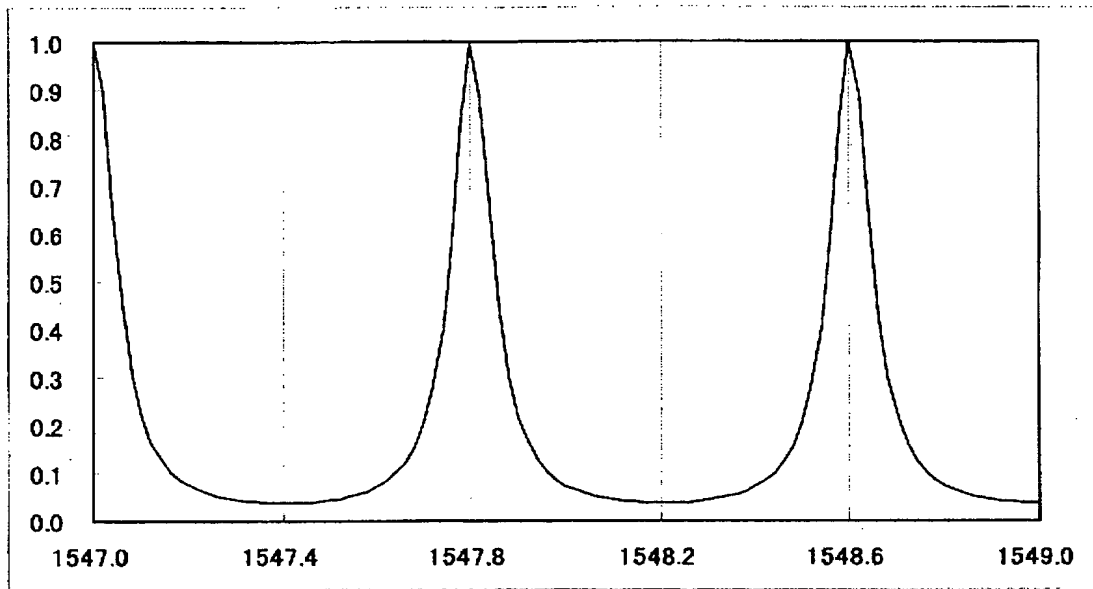
本発明を実施する光チューブフィルタ制御回路の  
構成の第二の例を示す図



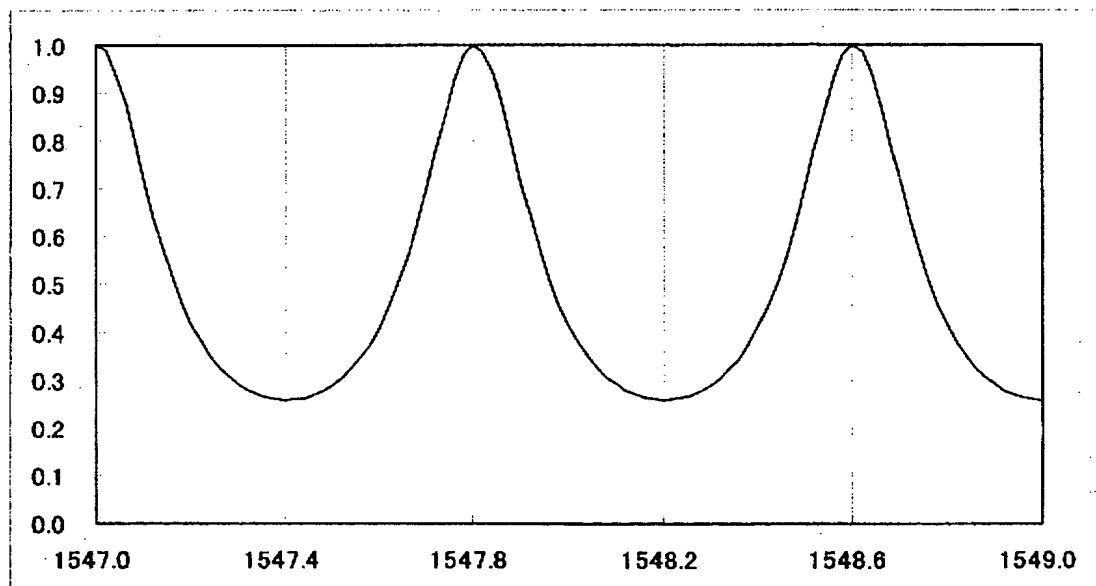
【図 8】

周期フィルタの波長透過特性の  
シミュレーション結果を示す図(その1)

(1) 半値幅 0.1 nm, フィネス8



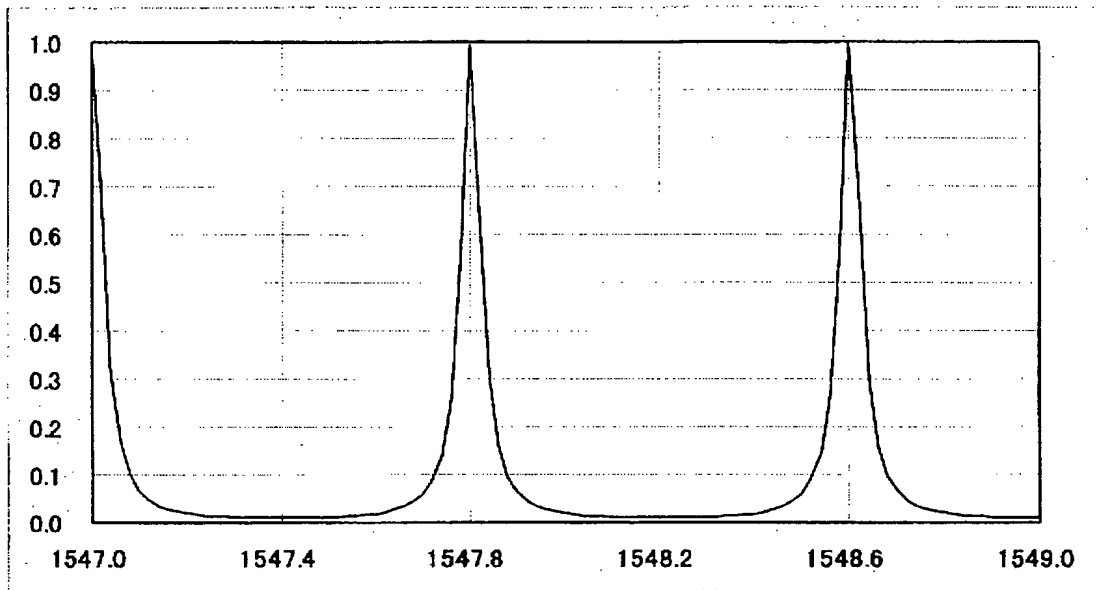
(2) 半値幅 0.3 nm, フィネス2.67



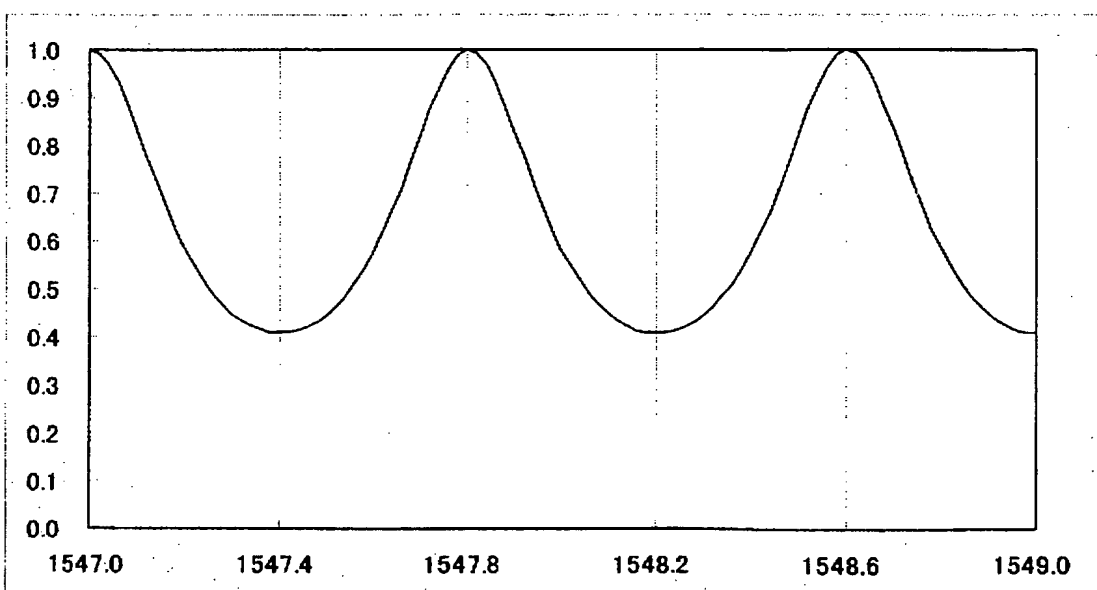
【図 9】

周期フィルタの波長透過特性の  
シミュレーション結果を示す図(その2)

(1) 半値幅 0.05 nm, フィネス 15.95

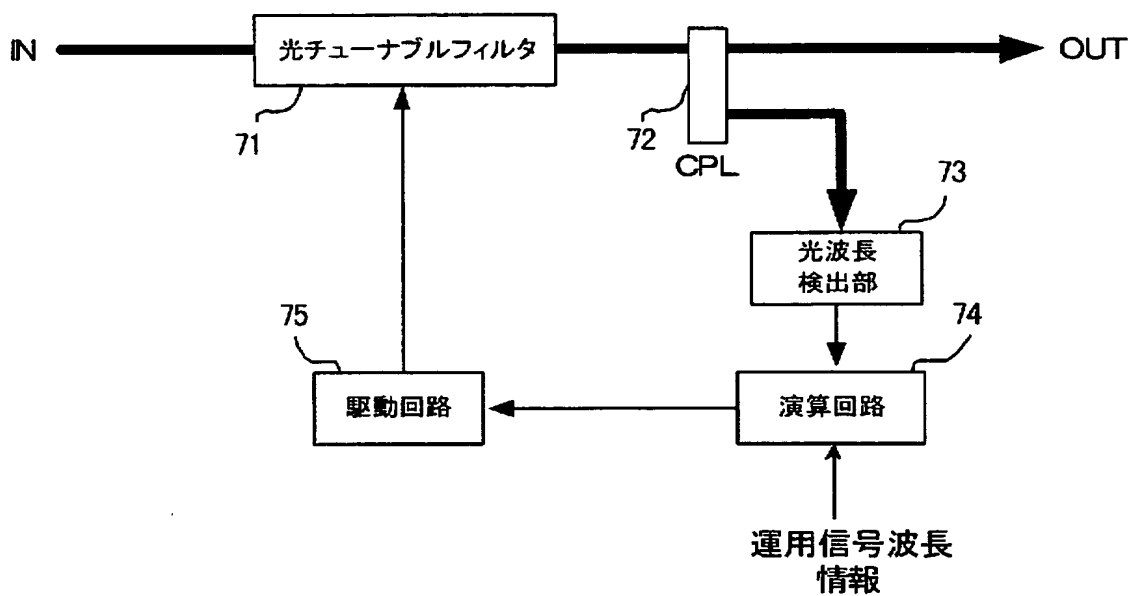


(2) 半値幅 0.5nm, フィネス1.889



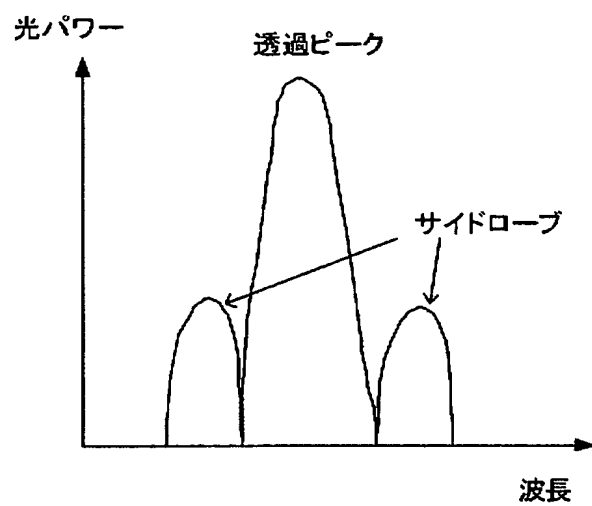
【図 10】

本発明を実施する光チューブフィルタ制御回路の  
構成の第三の例を示す図



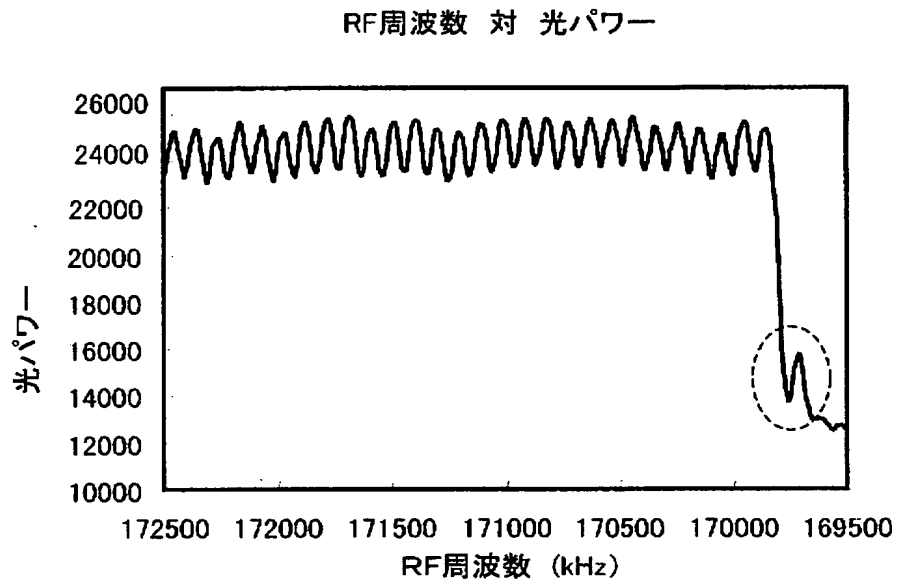
【図 11】

## AOTFの透過波長特性例を示す図



【図 12】

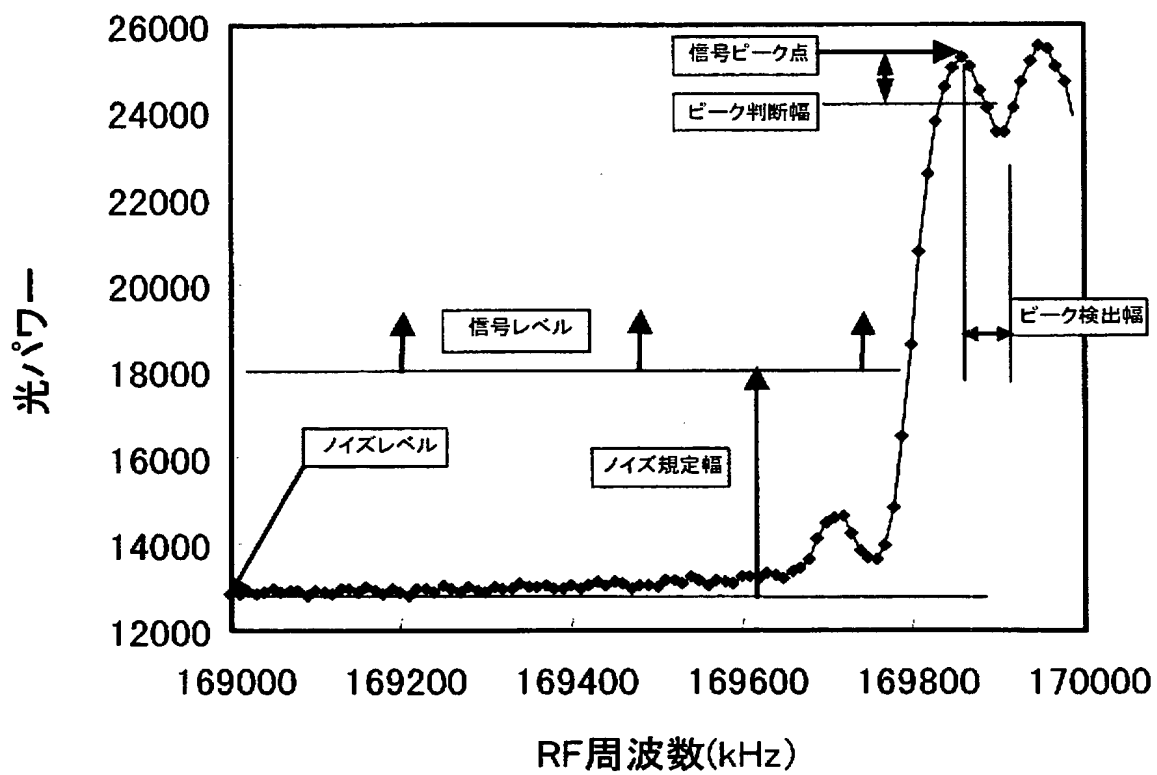
波長多重信号入力時におけるRF周波数と  
AOTF透過光との関係をグラフに示した図





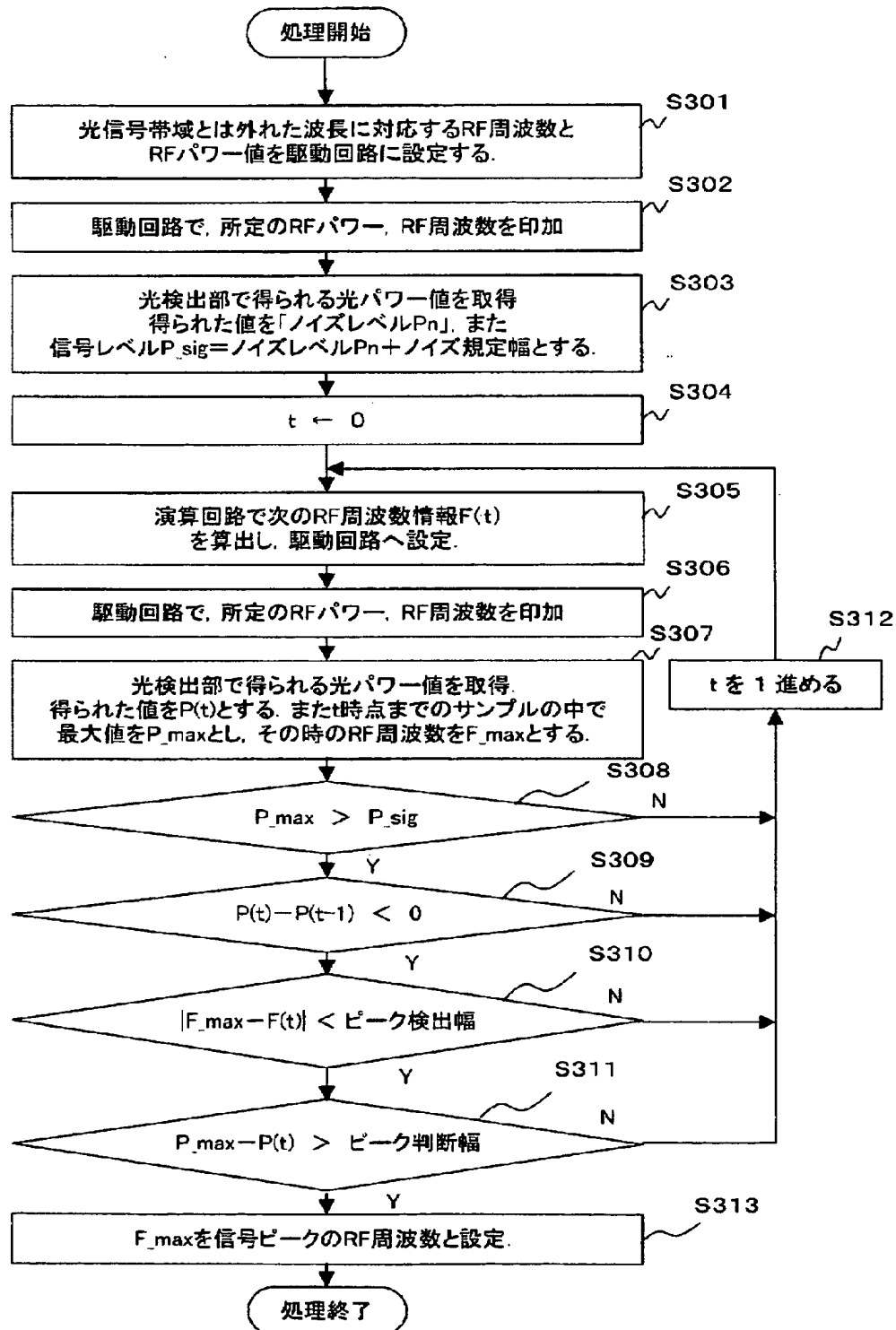
【図 13】

透過特性による信号誤検出を防止する  
制御の手法を説明する図



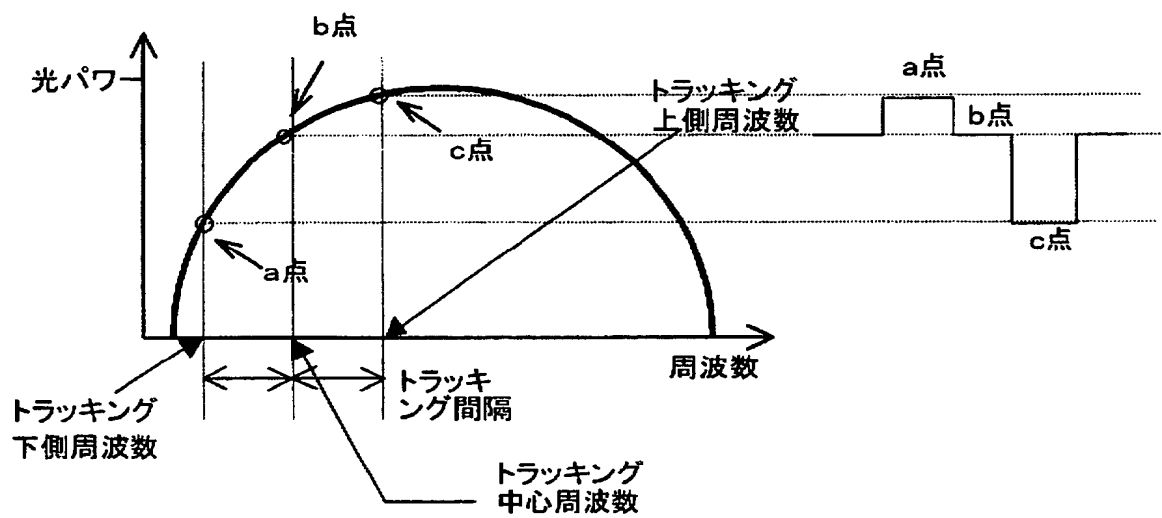
【図 14】

ピーク信号の誤検出が防止される  
AOTFの制御の手順をフローチャートで示した図



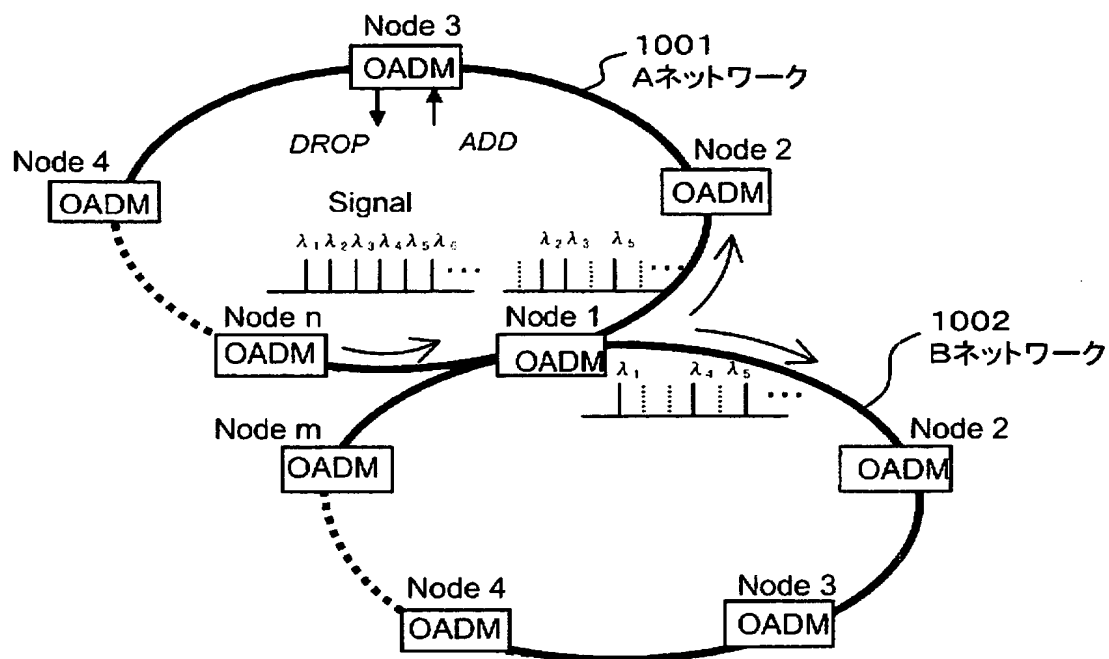
【図 15】

## トラッキング制御の概要を説明する図



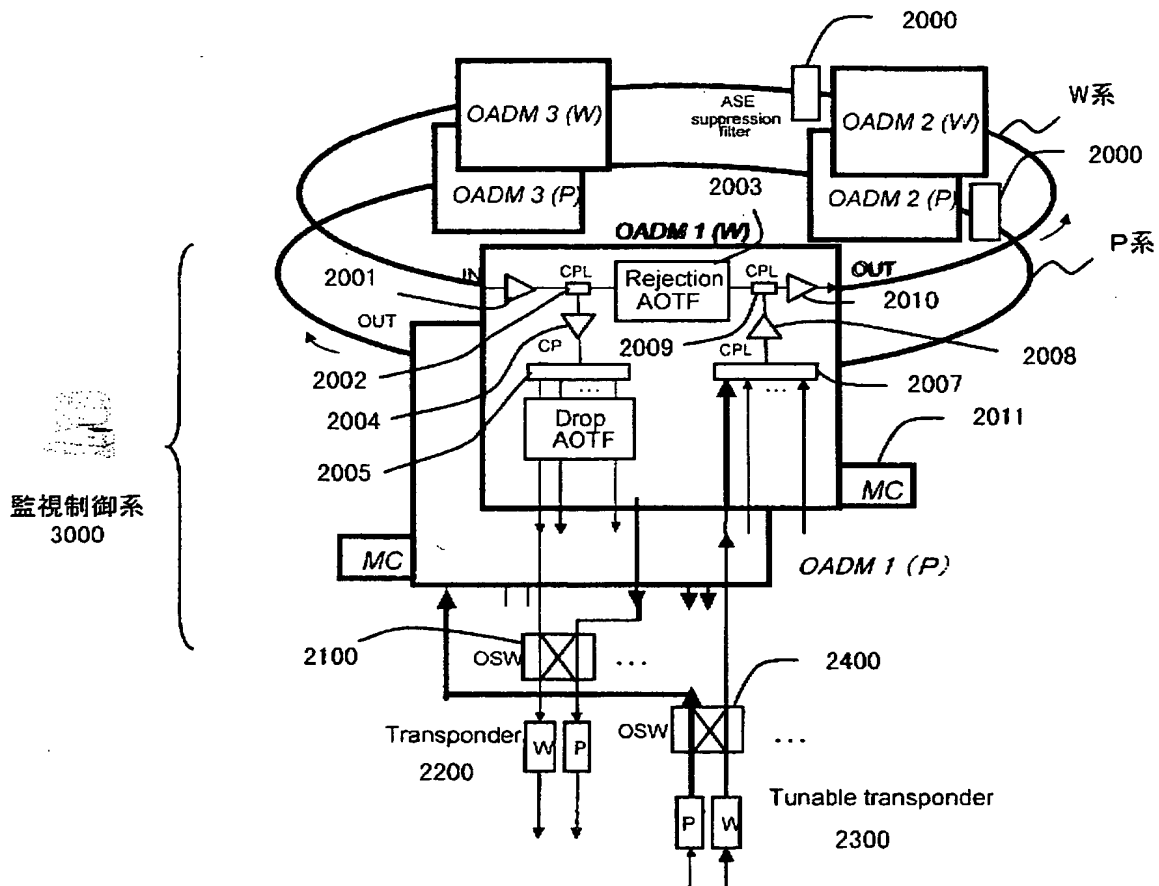
【図 16】

## OADMのネットワーク構成例を示す図



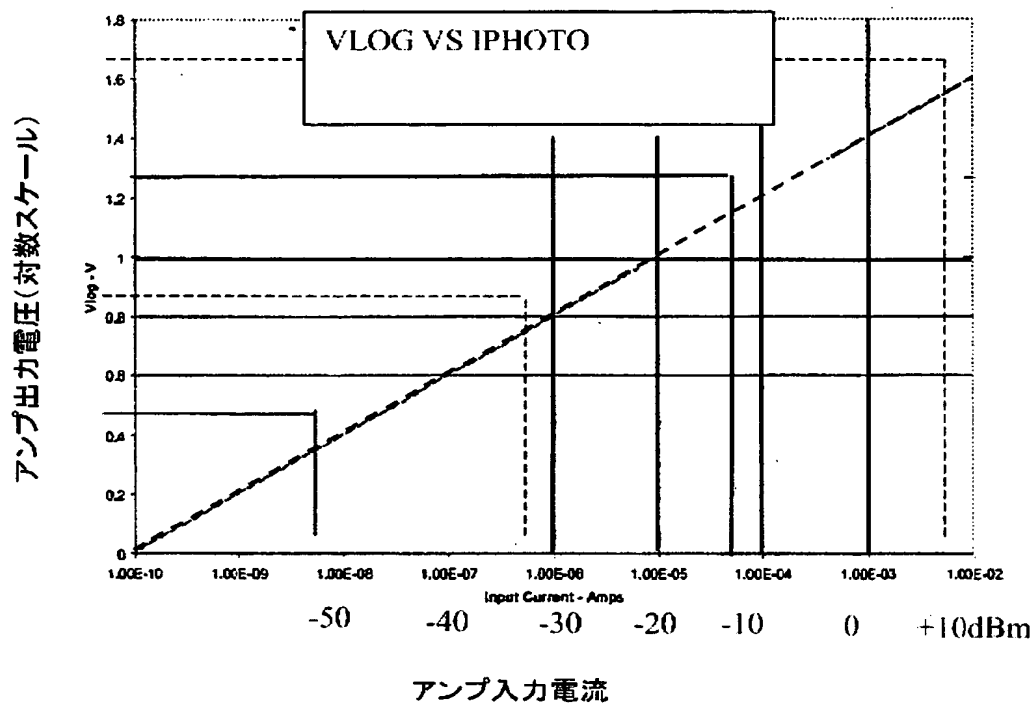
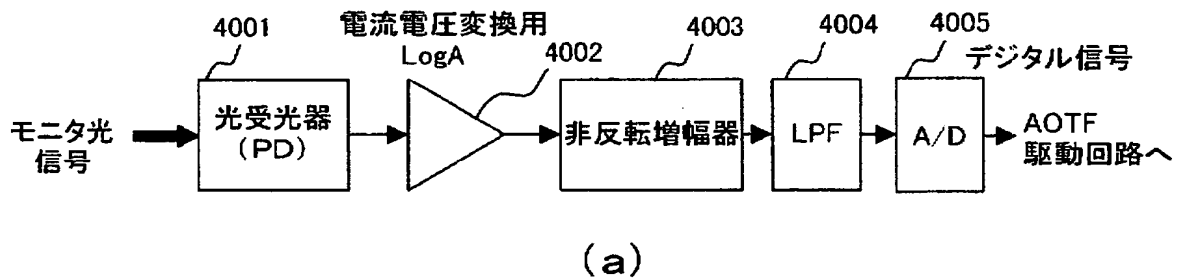
【図 17】

## AOTFを用いたOADMの構成例を示す図



【図 18】

トラッキング制御のための制御信号を得る  
光検出部にログアンプを用いる手法を説明する図



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光チューナブルフィルタを使用して波長分割多重（WDM）信号から所望の信号を抽出するときに、所望のものとは異なる信号が誤抽出されないように光チューナブルフィルタを制御する手法を提供する。

【解決手段】 光検出部 53 は、WDM方式で多重化されている信号光から特定の波長の信号光を透過して抽出し、制御信号に応じて透過波長特性が変化する光チューナブルフィルタ 51 によって抽出された信号光の検出を行う。演算回路 54 は、WDM信号光の全てが含まれる波長帯域の範囲の外側から光チューナブルフィルタ 51 の透過波長特性を走査させたときに該走査に応じて得られる該波長帯域の両端の信号光についての検出の結果に基づいて、指示された波長の信号光を該光チューナブルフィルタ 51 に抽出させるための制御信号を指定する指定情報を生成する。駆動回路 55 はその指定情報に応じた制御信号を生成する。

【選択図】 図 2

特願 2 0 0 3 - 0 5 1 7 4 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 5 2 2 3 ]

1. 変更年月日

1 9 9 6 年 3 月 2 6 日

[変更理由]

住所変更

住 所

神奈川県川崎市中原区上小田中 4 丁目 1 番 1 号

氏 名

富士通株式会社